



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY**

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO ZAKLÁDÁNÍ VLOŽEK DO  
FORMY VSTŘIKOLISU**

DESIGN OF AUTOMATIC INSERTING THE INSERTS TO THE INJECTION MOULDING MACHINE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Jiří Strnad

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

**BRNO 2019**



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky  
Student: **Jiří Strnad**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Jan Pavlík, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh automatizovaného zakládání vložek do formy vstřikolisu

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte a konstrukčně zpracujte řešení uzlu automatizovaného zakládání dílců do prostoru formy vstřikolisu. Vstupem do zařízení jsou neorientované dílce, které je nutné vhodně orientovat pro další manipulaci. Obsahem práce je návrh vhodného způsobu manipulace s tímto dílcem tak, aby byly splněny všechny požadavky specifikované v průběhu řešení.

### Cíle bakalářské práce:

Důkladná analýza problematiky.

Systémový rozbor řešené problematiky, návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.

Návrh variant řešení a zdůvodnění výběru konkrétního řešení.

Konstrukční návrh zvolené varianty – 3D model.

Výpočtová zpráva.

Výkresová dokumentace vybraných uzlů.

Závěr a doporučení pro praxi.

### Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, J.E., Ch.R. MISCHKE a R.G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. Brno: Naladatelství VUTUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem automatizovaného zakládání vložek do formy vstřikolisu. V první části je specifikováno zadání a požadavky kladené na novou konstrukci. Dále je provedena analýza řešené problematiky. Zde jsou blíže popsány možnosti orientování, uchopování a manipulace s dílcem. Druhá část obsahuje návrh variant řešení a vlastní konstrukční návrh zvolené varianty doplněný o dimenzování vybraných konstrukčních prvků. Součástí práce je 3D model vytvořený v aplikaci Autodesk Inventor Professional 2018 a výkresová dokumentace vybraných konstrukčních uzlů.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the proposal of the liners automated insertion into the injection molding machine form. The task and the new construction requirements are specified in the first part. Further, the analysis of the problematics is performed. There are the possibilities of the orientation, gripping and manipulation with the part described in more details. The second part contains the suggestion of solution options and the structural design of the chosen option that is supplemented by the dimensioning of selected structural elements. The thesis includes the 3D model created in the Autodesk Inventor Professional 2018 application and the drawing documentation of selected construction nodes.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Automatizované zařízení, jednoúčelový stroj, orientování dílů, chapadlo, manipulátor.

## **KEYWORDS**

Automated equipment, single-purpose machine, parts orientation, gripper, manipulator



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

STRNAD, Jiří. *Návrh automatizovaného zakládání vložek do formy vstřikolisu* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117355>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Jan Pavlík.





## **PODĚKOVÁNÍ**

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu Ing. Janu Pavlíkovi, Ph.D. za cenné rady, inspiraci, ochotu a odbornou pomoc při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Zdeňku Dvořákovi, řediteli společnosti Modia, s.r.o., za možnost pracovat na konkrétním zadání. Na závěr děkuji mé rodině a přátelům za podporu při studiu.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Pavlíka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.5.2019

.....  
Strnad Jiří



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>MOTIVACE.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>SPECIFIKACE ZADÁNÍ A POŽADAVKŮ .....</b>	<b>19</b>
3.1	Požadavky na novou konstrukci .....	20
<b>4</b>	<b>ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....</b>	<b>21</b>
4.1	Orientování neorientovaných dílů .....	21
4.1.1	Robotické vidění.....	21
4.1.2	Vibrační zásobníky a podavače .....	22
4.2	Uchopovací systémy .....	24
4.2.1	Mechanické uchopování dílů.....	24
4.3	Pohony používané v průmyslové automatizaci .....	26
4.3.1	Elektrické pohony.....	26
4.3.2	Hydraulické pohony .....	26
4.3.3	Pneumatické pohony.....	26
<b>5</b>	<b>NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ.....</b>	<b>27</b>
5.1	První varianta zakládání pomocí k zemi ukotveného robotu.....	28
5.2	Druhá varianta zakládání pomocí robotu umístěného nad vstřikolis.....	28
5.3	Třetí varianta zakládání pomocí manipulátoru .....	29
5.4	Vyhodnocení kritérií .....	29
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNÍ NÁVRH ZVOLENÉ VARIANTY .....</b>	<b>31</b>
6.1	Konstrukční návrh a popis periférií .....	31
6.2	Stanice orientování dílců .....	32
6.3	Stanice kontroly orientace a založení dílců do lůžek.....	34
6.3.1	Kontrolní a pozastavovací stanice .....	35
6.3.2	Manipulátor s chapadly .....	37
6.3.3	Stanice pro otáčení lůžek .....	38
6.4	Manipulátor s chapadlem pro přenos dílců do formy vstřikolis .....	39
6.4.1	Konstrukční návrh chapadla .....	40
6.5	Bezpečnostní krytování.....	42
<b>7</b>	<b>VÝPOČTOVÁ ZPRÁVA.....</b>	<b>43</b>
7.1	Volba pneumatického válce pro sklápění chapadla .....	43
7.2	Volba kyvného pohonu pro otáčení ramena lůžek.....	44
7.3	Kontrola dodržení požadovaného taktu .....	46
7.4	Pevnostní analýza .....	48
7.4.1	Konzola manipulátoru .....	48
7.4.2	Konstrukce stolu .....	48
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>53</b>
10.1	Seznam použitých symbolů a zkratk .....	53
10.2	Seznam obrázků.....	54
10.3	Seznam tabulek .....	55
<b>11</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>57</b>



# 1 ÚVOD

V dnešní době je velkou snahou automatizovat výrobu, a to nejen z důvodu dosažení kratších výrobních časů, a tím pádem většího zisku. Automatizací výroby lze dosáhnout také zvýšené přesnosti a kontroly jednotlivých operací. Dále je automatizace výroby vhodná do provozů, kde by pro člověka bylo nebezpečné, nebo velmi těžké práci vykonávat.

Návrh automatizovaného stroje nespočívá v pouhé konstrukci jednotlivých mechanismů, ale jedná se o velmi rozsáhlou problematiku, kterou by se měl každý konstruktér zabývat. Před samotným návrhem jednotlivých konstrukčních uzlů je třeba soustředit se na řešení dané problematiky a po nashromáždění většího množství dat se rozhodnout pro nejschůdnější řešení. Toto řešení nemusí být však finální a během návrhu může konstruktér narazit na problémy, které ho mohou vrátit opět na začátek.

Náplní této bakalářské práce je návrh automatizovaného zakládání vložek do formy vstřikovacího lisu. Návrh stroje je předběžně poptán společností Spojené kartáčovny a.s. u společnosti Modia, s.r.o.

Cílem této práce je navrhnout funkční, bezpečné a plně automatizované zařízení, které bude doplněno ke stávajícímu vstřikovacímu lisu. Je nutné dodržet všechny požadavky, které byly během vypracovávání specifikovány a dle kterých se odvíjí následná volba konkrétního řešení, konstrukční návrh a dimenzování vybraných konstrukčních prvků.





## 2 MOTIVACE

Toto zadání jsem si vybral ze dvou hlavních důvodů. Jsem praktikantem v konstrukční kanceláři společnosti Modia, s.r.o. Tato společnost nabízí komplexní služby v oblasti automatizace a výrobních strojů. Dle kladených požadavků na funkci stroje je po důkladném zhodnocení dané problematiky vytvořen návrh, který se konzultuje se zadavatelem. Poté dochází ke kompletnímu konstrukčnímu návrhu, zpracování výrobní dokumentace, včetně elektrických a pneumatických schémat. Po výrobě a nákupu všech součástí dochází ke kompletování celého zařízení v jeden funkční celek, který splňuje všechny kladené požadavky a normy daného státu. Po kontrole funkčnosti a získání všech certifikátů je stroj odvezen k zákazníkovi, kde je ustaven a zprovozněn. Proveďte se zaškolení obsluhy a předá se kompletní dokumentace. Na stroje je daná záruka a garance servisu na dobu sjednanou oběma stranami.

Během této pracovní zkušenosti jsem měl možnost sledovat konstrukční vývoj od zadání až po realizaci a toto strojírenské odvětví mě velmi zaujalo a rád bych se mu nadále věnoval.

Dalším důvodem k výběru tohoto zadání byla touha zkonstruovat komplexně celý stroj tak, aby bylo splněno zadání a stroj mohl bez problému vykonávat práci dle očekávání zadavatele.

Na práci konstruktéra se mi líbí nutnost neustálého vzdělávání a sledování různých nových řešení a novinek, který dnešní vývoj a trh neustále přináší. Každý konstrukční celek může fungovat na jiném principu a každý konstruktér se také může vydat jinou cestou.



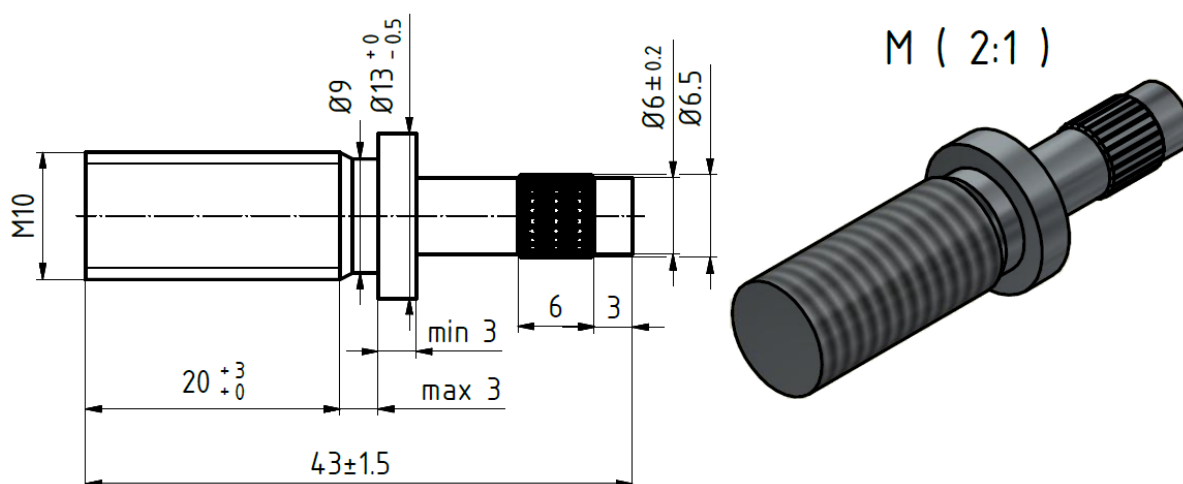
### 3 SPECIFIKACE ZADÁNÍ A POŽADAVKŮ

Cílem této práce je navrhnout automatizovaný modul, který bude doplněn ke stávajícímu vstřikovacímu lisu (Obr. 4 na str. 20). Produktem již zmíněného vstřikovacího lisu je polypropylenové tělo toaletního kartáče (Obr. 1). Spolu se štětinami a madly se kompletuje až v dalších technologických operacích. Tělo toaletního kartáče je na jednom konci ukončeno závitem, sloužícím k následnému připojení madla. Tímto je dosaženo recyklovatelnosti, protože po opotřebení štětín kartáče dojde k výměně pouze samotného těla. Madlo, u kterého se opotřebení nepředpokládá, lze pak použít u nově koupeného toaletního kartáče. Další důvod pro volbu šroubovatelného madla je čistě marketingový, protože spotřebitel má možnost volby barevného provedení a je tu prostor pro případný redesign bez nutnosti zasahovat do formy stávajícího toaletního kartáče.



Obr. 1) Tělo toaletního kartáče (na levé straně vložka pro štětiny, na pravé závit)

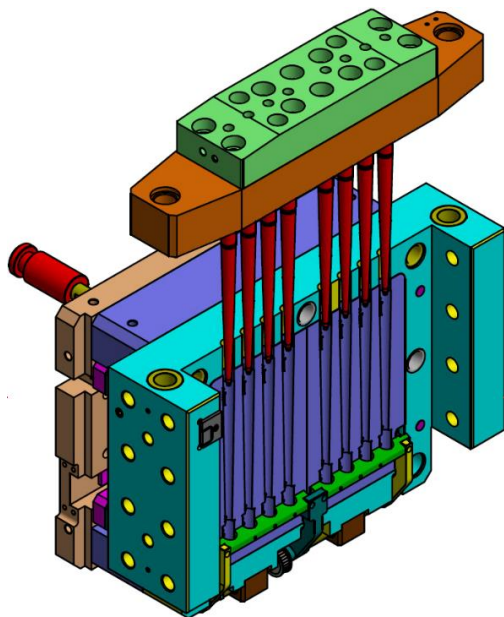
Z mnoha důvodů jako je např. technologická náročnost formy, kvalita, opotřebení atd., je snaha nahradit závitový konec kartáče závitem ocelovým. Jelikož nelze v jednom cyklu vstřikovat zároveň termoplastický polymer a ocel, je nutné ještě před samotným vstřikováním dodat do vstřikovací formy ocelový díl se závitem vytvářený zadavatelem (Obr. 2).



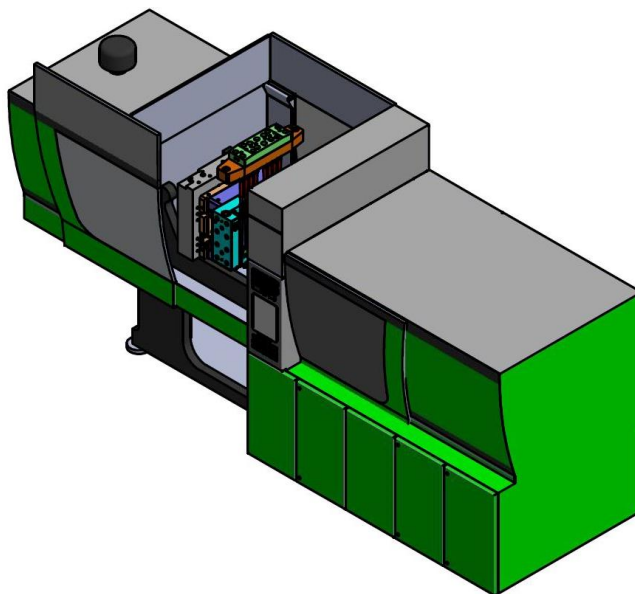
Obr. 2) Výkres ocelové vložky nahrazující polypropylenový závitový konec

Forma se skládá z celkem osmi jader (Obr. 3), tzn., že během jednoho taktu vstřikování dojde k vyhotovení osmi těl toaletních kartáčů. Cílem řešené konstrukce v této bakalářské práci je dopravit všech osm dílců do formy ještě před samotným vstřikováním. Ocelové dílce budou do formy přijaty pomocí magnetismu. Šrouby se ve formě ustaví dosednutím válcovité plochy

závitu k válcovitému vybrání ve formě. Ocelová vložka musí být orientována závitem vzhůru, což vyplývá ze samotné konstrukce formy.



Obr. 3) Pro názornost zjednodušená konstrukce formy pro 8 vložek



Obr. 4) Pohled na vstřikovací lis Engel Victory s umístěnou formou [25]

### 3.1 Požadavky na novou konstrukci

Zadavatel předložil požadavky na nové konstrukční řešení a jako podklady poskytl výkres podávaného dílce a zjednodušený model formy.

Jsou kladeny tyto požadavky:

- S ohledem na zástavbu je nutné provést zakládání ze shora.
- Stroj musí zajistit přesné založení všech osmi kusů do formy.
- Předzásoba musí být jednoduše doplnitelná se zásobou na 2 hodiny provozu.
- Nutno vhodně doplnit snímači pro kontrolu, zda bylo předáno všech 8 ks do formy.
- Dodržet takt vstřikovacího lisu: 30 s / doba jednoho vstřikování.
- Čas pro předání všech osmi kusů do formy a opuštění tohoto prostoru musí být do 6 s.

## 4 ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Každé pracoviště, ať už automatizované, či nikoliv, se skládá z několika periférií. Periferiemi rozumíme jednotlivé části konstrukčního celku. V této kapitole jsou představeny nejčastější způsoby řešení jednotlivých operačních úkonů. Snahou je zvolit spolehlivé, jednoduché a s ohledem na konkrétní vytížení stroje ekonomické řešení.

### 4.1 Orientování neorientovaných dílů

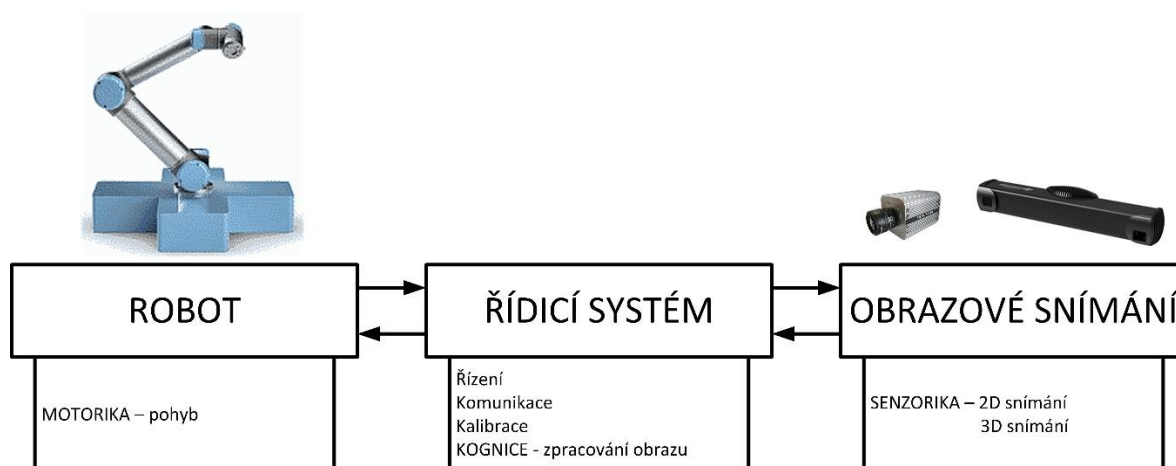
Vstupem do automatizovaného zařízení budou již v úvodu představené ocelové dílce, které budou do stroje dodávány cyklicky operátorem v požadovaném časovém intervalu. Dílce budou dodávány neorientované a ve větším počtu kusů. Jedná se o jednu z nejčastěji řešených operací u jednoúčelových strojů. Zde je potřeba zaručit 100% spolehlivost, protože se jedná o první operaci, která předává dílec do dalších periférií stroje, a proto je zde nutno předejít případným nepřesnostem či kolizím.

Druhým požadavkem je dodržení taktu stávajícího vstřikovacího lisu. Existuje několik způsobů řešení aplikovaných v praxi, zde se ale omezíme na dvě v průmyslu nejčastější možnosti orientování.

#### 4.1.1 Robotické vidění

První variantou je kamerové navádění robotu v prostoru. Jeho zjednodušené blokové schéma je znázorněno na obrázku číslo 5. Tento robotický celek se skládá z robotu, který plní pohybovou funkci celého systému. Ten je doplněn o koncový efektor, který je již konstruován individuálně pro danou aplikaci. U něj je kladen důraz na přesnost, bezpečnost a flexibilitu výrobního procesu [1,2].

Hlavní funkci zastává obrazové snímání, které je tvořeno senzoričkou. Senzorické jednotky (snímače, kamery apod.) jsou řízeny a zároveň podávají zpětnou informaci řídicímu systému. Řídicí systém provede kalibraci souřadných systému robotu a obrazového snímače a dochází zde k vyhodnocování obrazu. Obraz se zpracovává metodami 2D nebo 3D obrazové analýzy [1,2].

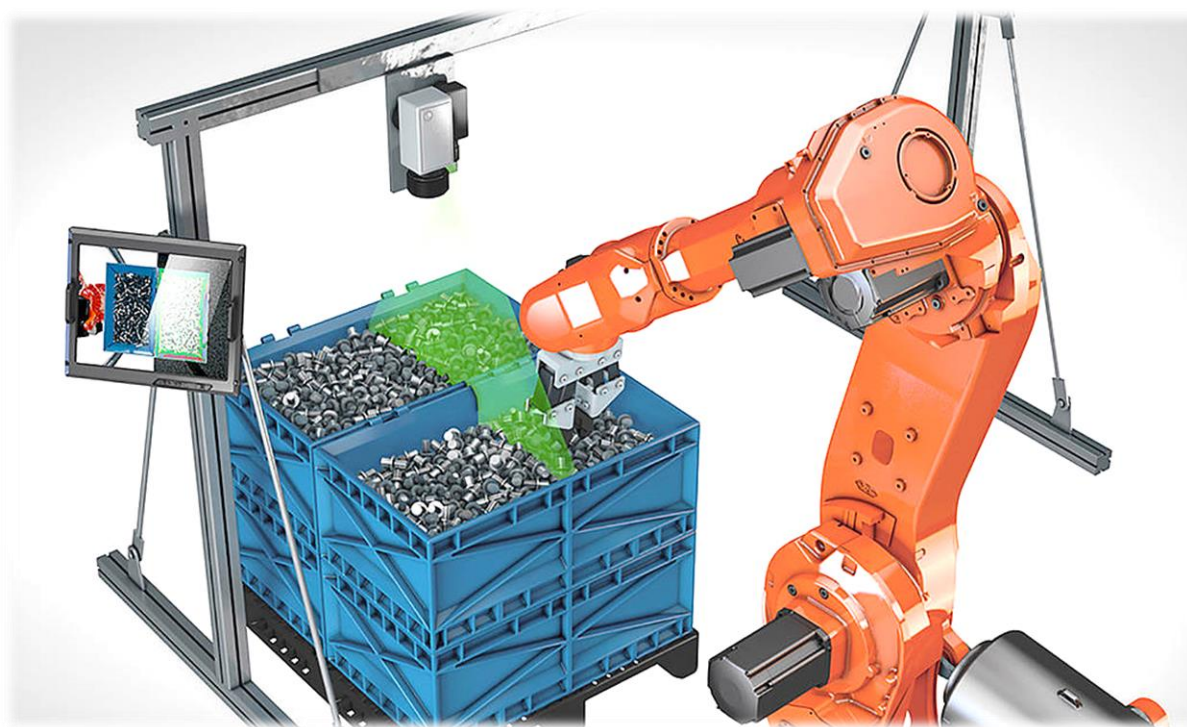


Obr. 5) Zjednodušené blokové schéma robotického vidění [1]

Jelikož se v této bakalářské práci řeší konkrétně orientování dílců, které jsou volně uloženy v přepravních boxech, je vhodné přiblížit tzv. Bin Picking (Obr. 6). To je zařízení, které vybírá předměty z volně ložených předmětů v kontejneru [4].

Nově vyvíjená senzorika spolu s výkonnou výpočtovou technikou umožňuje téměř dokonalou lokalizaci dílu v kontejneru. Nemusí se jednat pouze o výběr jednoho typu dílu, ale systém dokáže vyhodnotit a vyhledat dle 3D modelu konkrétní díl mezi ostatními typy. Přesnost určení pozice hledaného dílu se u této aplikace udává  $\pm 1$  mm, úhel natočení je v toleranci  $\pm 0,1^\circ$  (kde zde uvedené rozměrové údaje platí pro běžný průmyslový kontejner o rozměrech 1200 x 800 x 600 mm) [2,4].

Tato aplikace je vhodná u zařízení, kde se předpokládá větší různorodost dílů a v budoucnu možnost změny typu dílu. Pro výpočet přesné polohy dílce jsou vhodnější dílce se složitější geometrií. Ale naopak zde může u tvarově složitějších dílců docházet ke kolizím. Případné kolize vznikají mezi chapadlem a jiným volně loženým dílem z důvodu možného zaklesnutí dílců mezi sebou [1,2,4].



Obr. 6) Ukázka aplikace robotického vidění pro přesné odebrání dílce z kontejneru a následné přesné umístění dílce pro další operaci [5]

#### 4.1.2 Vibrační zásobníky a podavače

Druhou velmi často používanou metodou orientování dílů je použití vibračních zásobníků. Nejtypičtější aplikací je vibrační kruhový zásobník (Obr. 7 na straně 23). Dílce jsou dopravovány postupně tzv. mikrovřhem. Při něm dochází k nadhození dílce směrem vpřed a vzhůru. Velikost tohoto vrhu, tedy i dopravní rychlost, lze nastavovat pomocí změny velikosti amplitudy kmitu. Toto nastavení se provádí dle konkrétního dopravovaného dílce, kde hlavními parametry pro nastavení jsou velikost, tuhost a těžiště, které úzce souvisí s geometrickým tvarem [6,7].



Kruhový zásobník se skládá z nádoby a pohonu. Nádoba, v katalozích často nazývaná násypkou, může být válcová, kuželová nebo více stupňovitá. Dílce jsou vedeny ve šroubovitéch drahách směrem ze dna násypky. Po jejich dráze dochází k řízené orientaci pomocí různých třídících a rovnacích mechanismů, které jsou často doplněny senzorikou a pneumatikou. Elektromagnetický pohon je s nádobou spojen pomocí pružin, které jsou vůči základně natočeny pod úhlem, kterému se říká úhel kmitu, a ten přímo ovlivňuje sílu a směr pohybu dílce [6].

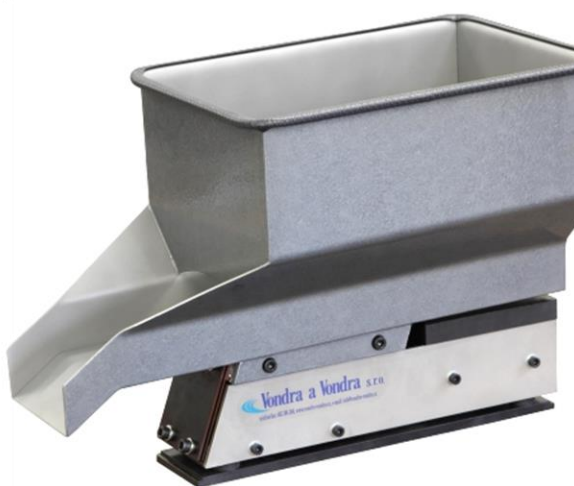
Operátor výroby v praxi velmi často obsluhuje více strojů najednou. Zároveň se po automatizovaných výrobních strojích očekává delší pracovní doba bez nutnosti přítomnosti obsluhy. Proto je možnost použít před vibrační podavač předzásobník (Obr. 8), který slouží k průběžnému doplňování hlavní nádoby kruhového zásobníku. Tím dosáhneme většího objemu dílců vstupního materiálu a prodlužujeme tak dobu nutnou pro doplnění dalších dílců. Jejich konstrukce se skládá z násypky a pohonu, který pracuje na stejném principu jako u vibračních zásobníků. Spouštění předzásobníku je řízeno snímačem hladiny, který snímá množství dílců v nádobě hlavního zásobníku [9].

Konstrukci a kompletní realizaci vibračních podavačů provádí specializovaná firma, která zaručuje 100% správnost natočení (orientaci) dílce. Tato firma požaduje výkres dílu určeného k podávání, výkon podávání dílů (ks/min), velikost zásoby (počet kusů), přesnou polohu dílů na výstupu a způsob, jakým má být vyřešen výstup z podavače. Dále je třeba zvážit velikost tření mezi podávaným materiálem a stěnou nádoby a případně ho snížit např. aplikací polyuretanového nástřiku. Z výstupu vibračního podavače je díl velmi často dopravován gravitačním skluzem, nebo lze také použít vibrační pohon, který dopraví díl až do místa odběru, či další montáže [7,9].

K vibračním podavačům lze dokoupit protihlukové kryty. Jedná se o příslušenství, které sníží nadměrný akustický tlak. Ten vzniká při pohybu dílů v násypce a je přímo závislý na frekvenci kmitání. Regulace se provádí nejčastěji digitálními regulátory, které řídí výkon vibračních zásobníků poháněných elektromagnetickou cívkou [7].



Obr. 7) Ukázka použití dvou paralelně umístěných kruhových zásobníků spojených do společného skluzu [8]



Obr. 8) Vibrační předzásobník od firmy Vondra a Vondra, s.r.o. [7]

## 4.2 Uchopovací systémy

Ať už dojde k volbě manipulace pomocí robotu nebo jiných pohonů, je třeba zvážit všechny možnosti uchopování dílců.

Uchopování dílců lze dělit dle jejich fyzikální podstaty na:

- mechanické
- magnetické
- podtlakové
- speciální nebo jejich kombinace

V této práci je řešeno uchopování rotačního feromagnetického dílce malého rozměru, proto v úvahu připadá jen mechanické a případně i magnetické uchopování dílce. Podtlakové upínání pomocí vakua je vhodné na manipulaci deskovitých dílů. Magnetické uchopování je v této práci využito při předávání dílců do formy, kde toto upínání řeší zákazník změnou konstrukce formy. Vývoj speciálních chapadel je v současnosti odezvou na rychlý nárůst Průmyslu 4.0. Snahou je umožnit lidem přímý bezprostřední kontakt s robotem bez rizika (Obr. 9).



Obr. 9) Kolaborativní HRC chapadlo společnosti SCHUNK jako koncový efektor pro přenos dílců do obráběcího stroje (Průmysl 4.0) [11]

Z důvodu větší jednoduchosti celého zařízení byl zvolen nejčastěji využívaný způsob uchopování, a to mechanické uchopování, kterému je věnována následující kapitola.

### 4.2.1 Mechanické uchopování dílů

Mechanické uchopování dílů se dále dělí na:

- Aktivní uchopování (pohyblivé čelisti s pohonem)
- Pasivní uchopování (nelze regulovat úchopnou sílu)

Pasivní úchopové prvky jsou mechanismy, kde není k vyvození uchopovací síly použito pohonu, ale pružného elementu. Nejčastěji je používán dvoučelistový chapač, kde jsou obě

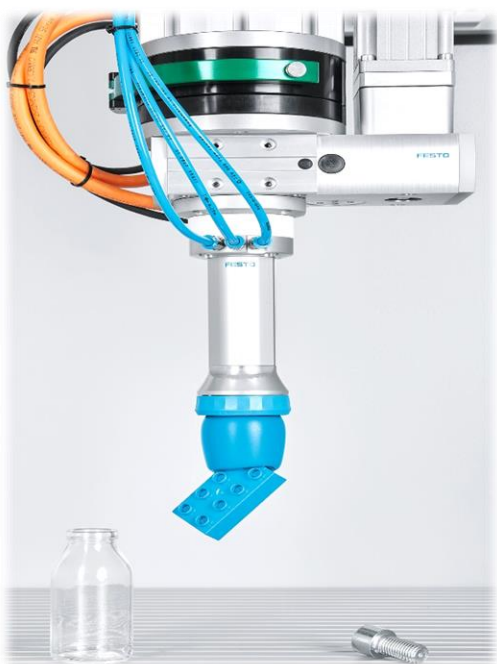


čelisti odpružené nebo jedna z nich pevná. Čelist je spojena s pružinou nebo s jiným pružným prvkem. Její pohyblivost je dána rozsahem pružné deformace dané pružiny nebo prvku. Mezi pasivní uchopovací mechanismy patří také jakékoli pevné podpěry nebo háky. Nevýhodou u této metody je téměř u všech aplikací nutnost odebrat díl z chapadla pomocí jiného mechanismu. Tudiž k úspoře např. dalšího pneumatického prvku ne vždy dochází, a to nejen z tohoto důvodu, ale např. i ze zástavbových rozměrů je vhodnější v některých konkrétních případech zvolit aktivní chapadlo [10].

Aktivní chapadla jsou tvořena minimálně jedním pohyblivým prvkem, který je poháněn pohonem. Od pasivních uchopovacích prvků se liší možnostmi regulace uchopovací síly. Pohon je nejčastěji pneumatický, ale lze pro specifické aplikace použít chapadla s elektrickým či hydraulickým pohonem. Hydraulický pohon chapadel je používán především v aplikacích, kde je potřeba vyvozovat velké uchopovací síly [9,10].

Vhodné je použít pohon skládající se z jednočinného válce a pružiny, kde pružina slouží k vyvozování uchopovací síly a pneumatický válec slouží pouze k rozevírání čelistí. Tato kombinace je vhodná z důvodu malé zástavby, protože je nutný pouze jeden přívod tlakového vzduchu. Hlavní výhoda však spočívá ve zvýšené bezpečnosti, kdy při náhlém poklesu tlaku nedojde k upuštění předmětu, protože síla vyvozená pružinou udrží těleso stále v čelistech.

Mechanická aktivní chapadla jsou rozdělena dle druhu úchopu na paralelní (Obr. 11), tříbodová, úhlová, radiální a adaptivní (Obr. 10). Volba závisí na geometrii uchopovaného dílu, zástavbových rozměrech a síle úchopu. Mnoho chapadel nabízených trhu má pouze připravené montážní otvory pro čelisti. Je zde tedy možnost navrhnout velmi přesné a originální čelisti, které nám zajistí přesnější úchop a tím i přesnější založení dílce pro další operace. Výhodou vlastní konstrukce je i možnost volby materiálu, čímž lze předejít poškozování povrchu dílce nebo také zaručit správnou funkci a minimální poškozování čelistí [11,12].



Obr. 10) Adaptivní chapadla řady DHEF společnosti Festo pro citlivá a geometricky složitá tělesa [13]



Obr. 11) Chapadla Schunk MPC pro rotační tělesa menších rozměrů [14]

### 4.3 Pohony používané v průmyslové automatizaci

Pohony v automatizaci slouží k manipulaci a polohování s prvky. Je jich využíváno téměř ve všech automatizovaných aplikacích. Výrobci usnadňují konstruktérům volbu a sestavení různými konfiguratory (Obr. 12). Ty nabízejí kompletní návrh dle zadaných parametrů a generují 3D model. Ne vždy jich ale lze využít např. z důvodu specifického zástavbového prostoru.

Pro větší tuhost, přesnost a stabilitu jsou doplňovány kluzným nebo valivým vedením nebo je lze jimi externě doplnit.

Pohony dělíme dle druhu zpracovávané energie na elektrické, hydraulické a pneumatické.

#### 4.3.1 Elektrické pohony

Mají největší zastoupení v nejrůznějších aplikacích. Na rozdíl od pneumatických pohonů je lze velmi přesně a jednoduše řídit. Další výhodou je ekonomický provoz s vysokou účinností. Mimo stejnosměrných a asynchronních motorů je používán také krokový motor. Jeho chod se skládá z více menších „mikrokroků“, což může v některých na přesnost náročných aplikacích způsobit problémy v přesnosti polohování [16,20].

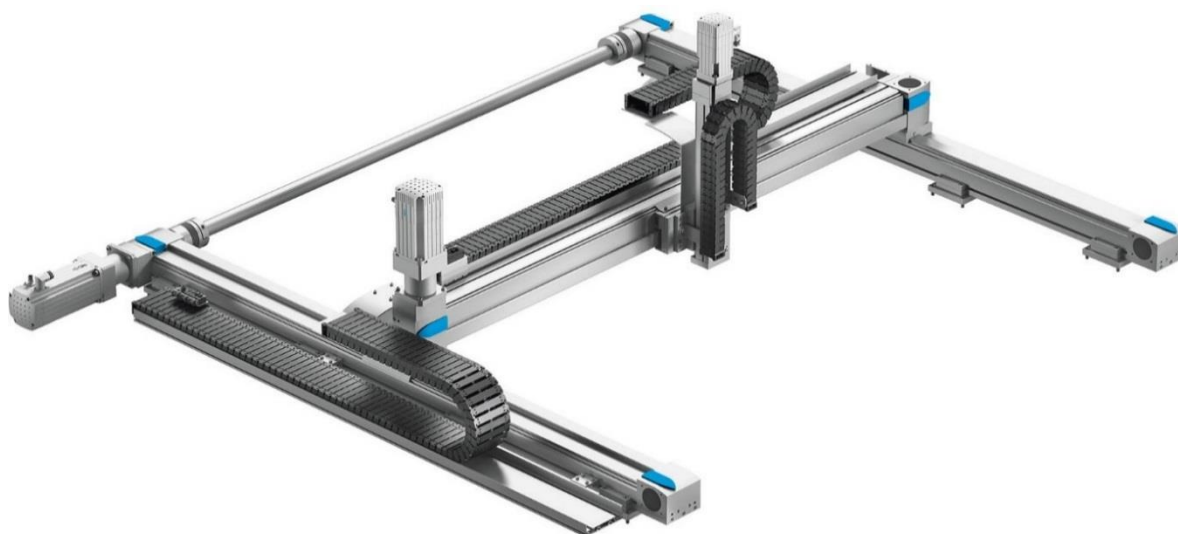
#### 4.3.2 Hydraulické pohony

Používají se v aplikacích, kde je nutno vyvozovat velké síly. Uplatnění nalézají např. v lisech, manipulátorech nebo robotech. Jsou to typické pohony pro silově nejnáročnější operace [15].

#### 4.3.3 Pneumatické pohony

V konstrukcích, kde nejčastěji požadujeme realizaci přímočarého pohybu, zdárně konkurují elektrickým pohonům. Na rozdíl od elektrických pohonů nejsou tolik finančně náročné a nabízejí také rozsáhlejší nabídku. V katalozích výrobců jsou velmi jemně odstupňovány dle velikostí průměru pístu a délkou zdvihu, díky čemuž lze rychle vytypovat pneumatický pohon s požadovanou silou, která je uváděná jak ve zpětném, tak i dopředném chodu.

Výhodou je jejich využitelnost v prostředí s nebezpečím výbuchu a možnost dosáhnout vysokých přesností v krajních polohách. Na druhou stranu je stlačený vzduch nejdražší medium pro pohonné jednotky, což může ve výsledku zvýšit provozní náklady [15,16].



Obr. 12) 3D prostorový portál vytvořený v konfiguratoru společnosti Festo [17]

## 5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ

Po vypracování rešeršní části bylo třeba zvážit, kterým směrem se vydat. V úvahu připadá spousta možných řešení nebo jejich kombinace a nelze říci, že jen jediná cesta je ta dokonalá. Před samotným návrhem jednotlivých variant je nutné se komplexně zamyslet.

Prvním parametrem pro rozhodování, jakým směrem se vydat, byly zástavbové rozměry u zákaznickova lisu (Obr. 13). Z požadavků zákazníka vyplývá nutnost zakládání vložek do vstřikovacího lisu ze shora. Prostoru za vstřikovacím lisem nelze pro navrhovaný modul využít z důvodu přítomnosti jiného automatizovaného pracoviště.

Po prohlédnutí prostoru před bezpečnostními dveřmi vstřikovacího lisu je patrné omezení spočívající v umístěném pásovém dopravníku. Ten slouží k odebírání finálního výrobku do přepravního boxu.

Také by bylo nevhodné novým automatizovaným modulem znemožnit ovládání vstřikovacího lisu pomocí ovládacího panelu, který se nachází vpravo od bezpečnostních dveří vstřikovacího lisu.

Dobré je zmínit, že je v tomto provozu možnost zapojení elektrických, pneumatických či hydraulických prvků.

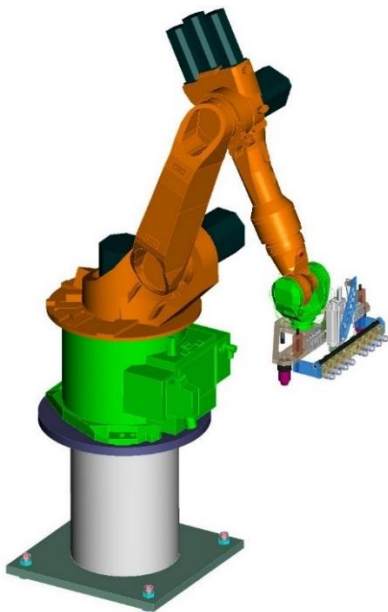


Obr. 13) Aktuální fotografie vyobrazující jediný možný zástavbový prostor pro navrhovanou konstrukci [3]

Na další straně jsou schematicky znázorněny a slovem doplněny tři návrhové varianty s využitím robotu. Dále jsou všechny tři varianty vyhodnoceny dle kritérií a následně je vybrána jedna varianta, ke které se váže vlastní konstrukční návrh.

### 5.1 První varianta zakládání pomocí k zemi ukotveného robotu

První v průmyslu často používaná varianta (Obr. 14) spočívá v zakládání vložek do formy vstřikolisu pomocí robotu. V tomto návrhu je zvolen robot Kuka KR16-2. Robot je opatřen koncovým efektem, který by plnil funkci nabírání a zakládání ocelových dílců.



Obr. 14) Návrh zakládání vložek do formy vstřikolisu robotem Kuka KR16-2 [3]

### 5.2 Druhá varianta zakládání pomocí robotu umístěného nad vstřikolis

Druhá varianta (Obr. 15) je v současnosti nabízena přímo výrobcem. Pro aplikování této konstrukce na lis staršího typu by bylo třeba provést jeho velmi důkladnou analýzu.

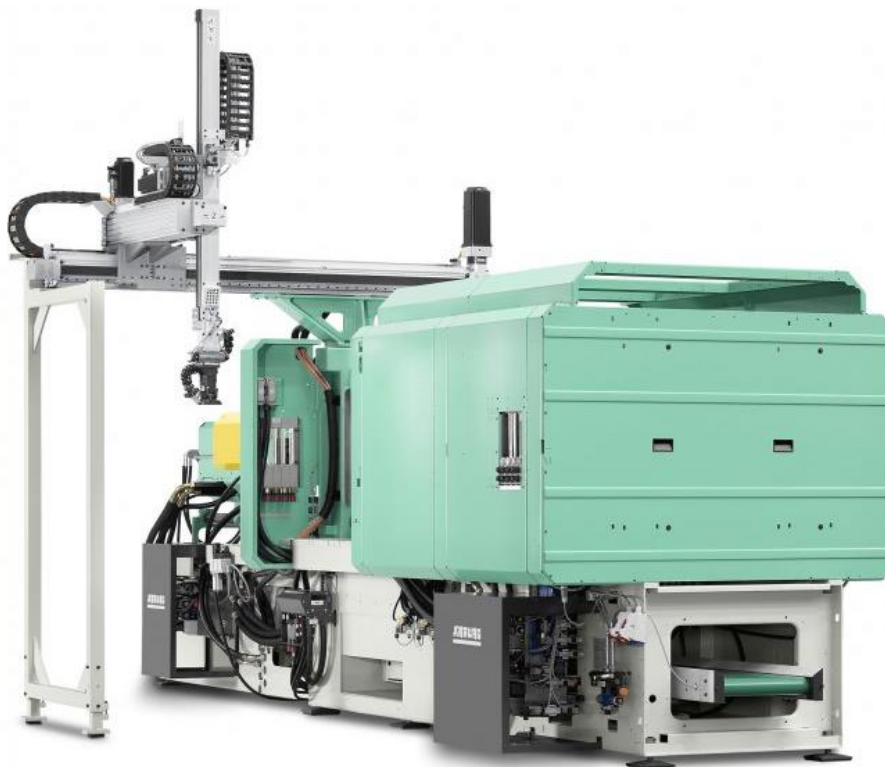


Obr. 15) Návrh zakládání vložek do formy vstřikolisu pomocí robotu Stäubli RX160 umístěného nad vstřikolisem [18]



### 5.3 Třetí varianta zakládání pomocí manipulátoru

Třetí varianta (Obr. 16) je nabízena společností ARBURG spol. s.r.o. Jedná se o společnost, která nabízí více způsobů řešení pro zakládání dílců do vstřikolisu.



Obr. 16) Návrh zakládání vložek do formy vstřikolisu pomocí manipulátoru, na obrázku konkrétně tříosý manipulátor společnosti ARBURG spol. s.r.o. [23]

### 5.4 Vyhodnocení kritérií

Pro vyhodnocení tří variant byla zvolena metoda hodnocení dle kritérií, kde každé kritérium má svoji váhu (1–10). Následně je každá konstrukční varianta ohodnocena dle jednotlivých kritérií obodováním (1–10 body), kde 10 bodů znamená nejlepší hodnocení. Po kompletním hodnocení všech tří variant je následně zvolena varianta s nejvyšším počtem získaných bodů.

Hodnocení bude probíhat dle následujících kritérií:

- **Prostorová náročnost** - u všech tří variant bude muset být použit vibrační zásobník, který nám zaručí orientování dílců. Dále je třeba již zorientované dílce přesně založit do lůžka, odkud budou odebírány do vstřikolisu. Tyto části budou zaujímat stejný prostor. Z toho vyplývá, že se prostorová náročnost celého celku bude odvíjet zejména od prostorové náročnosti části stroje, která bude odebírat a následně zakládat dílce do vstřikolisu. Využití robotu na první pohled přináší úsporu prostoru, ale je to spíše subjektivní pohled, protože v tomto konkrétním případě lze použít pouze dvouosý manipulátor, který je prostorově (vzhledem k půdorysu stroje) méně náročný.

- Předpokládaná finanční náročnost - zakládání do vstřikolisu musí být rychlé a přesné. Proto nelze použít robotických rukou méně prověřených výrobců, kteří požadovanou přesnost (především opakovatelnou přesnost) nedokáží zaručit. Robotická ruka použitá v první variantě se proto stává větším finančním nákladem. Ve druhé variantě by se jednalo už o menší robotickou ruku, která by snížila celkové finanční náklady. Použití manipulátoru, ať už sestaveného od výrobce, nebo manipulátoru vlastní konstrukce sestaveného z jednotlivých pohonů, se jeví jako méně finančně náročný způsob přesného manipulování s dílci.
- Náročnost konstrukce a zprovoznění - použití robotické ruky by značně ušetřilo čas pro konstrukční návrh celého stroje. Na druhou stranu naprogramování manipulace s dílci pomocí dvou pohonů nepřináší větší komplikace. Možným problémem v případě použití robotické ruky by mohlo být omezení hmotnosti použitého chapadla. Nejjednodušeji se jeví druhá varianta, kde by byla automatizace umístěna nad vstřikolisé. Toto možné řešení ale přináší komplikace s případným servisem či kontrolou použitých komponent. Volba této varianty by byla z konstrukčního hlediska velmi náročná, protože by bylo nutné robot kotvit nejlépe přímo k rámu vstřikolisu, což by nemuselo být v souladu s normami a doporučením výrobce tohoto konkrétního vstřikolisu.
- Možnost přestavby stroje - zadavatel nepředpokládá velké změny ve výrobě, a proto není třeba předpokládat časté nebo v nejbližší době nutné přestavění stroje. V případě změny tvaru a velikosti dílce by muselo dojít ve všech třech případech k rozsáhlejšímu zásahu do stroje, proto je zde rozhodující způsob manipulování. Každopádně je třeba toto kritérium zohlednit a není třeba více diskutovat nad multifunkčností robotu.

Tab 1) Zhodnocení kritérií.

Hodnotící kritérium	Váha hodnocení	První varianta	Druhá varianta	Třetí varianta
<b>Prostorová náročnost</b>	7	5	7	7
<b>Předpokládaná finanční náročnost</b>	10	4	5	8
<b>Náročnost konstrukce a zprovoznění</b>	6	7	5	7
<b>Možnost přestavby stroje</b>	5	9	8	4
<b>Celkové hodnocení</b>	-	<b>162</b>	<b>169</b>	<b>191</b>

Dle zvolených kritérií bylo provedeno zhodnocení, z kterého vychází třetí varianta jako varianta nejlepší. Jedná se o variantu, kde je použit dvouosý manipulátor složený z jednotlivých pohonů. Jedinou slabinou tohoto způsobu konstrukčního řešení je omezená možnost přestavby, která avšak není předpokládána.

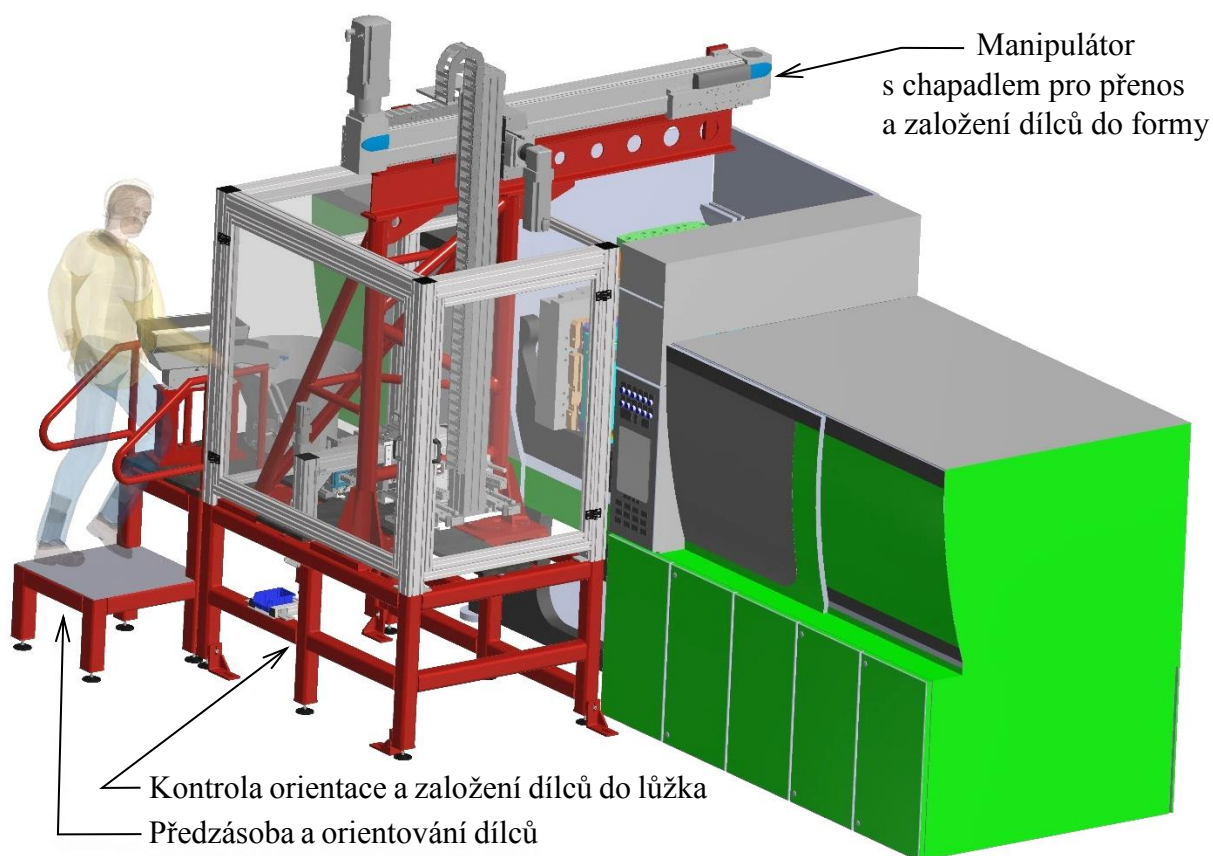
## 6 KONSTRUKČNÍ NÁVRH ZVOLENÉ VARIANTY

Dle zhodnocení všech kladů a záporů byla zvolena třetí varianta zakládání pomocí manipulátoru. Konstruktivní návrh je detailně popsán a vyobrazen dále v práci.

### 6.1 Konstruktivní návrh a popis periferií

Na obrázku č. 17 je vyobrazen již kompletní konstrukční celek, který se skládá ze tří základních periferií. První část celé konstrukce řeší správné orientování dílců. K této části bude mít obsluha bezprostřední a bezpečný přístup a odtud budou již správně orientované dílce přemísťovány do druhé části. Druhá část má za úkol přesně založit dílce do lůžka dle požadovaných roztečí, v kterých budou dílce transportovány do formy vstřikolisu. Součástí této stanice je i manipulátor, jehož konec je tvořen chapadlem. Chapadlo uchopí všech osm kusů a pomocí manipulátoru je přeneseno do formy vstřikolisu, kde budou přijaty pomocí magnetismu.

Celé zařízení je navrženo tak, aby mohlo být bez větších problémů ustaveno u zákazníka. Snahou bylo nezastavět ovládací panel vstřikolisu, který se nachází vpravo od navrhované konstrukce. Dále bylo nutné ponechat prostor pro pásový dopravník (Obr. 13 na str. 27).



Obr. 17) Konstruktivní návrh a popis jednotlivých periferií

## 6.2 Stanice orientování dílců

První stanice, vyobrazená na obrázku č. 20 na str. 33, se skládá z několika dílčích částí. V první části stanice bude obsluha v daných intervalech doplňovat hlavní kruhový vibrační zásobník a v druhé části stanice zároveň doplňovat množství dílců v předzásobníku. Nutnost použití předzásobníku vyplynula z důvodu dodržení daného intervalu doplňování dílců obsluhou.

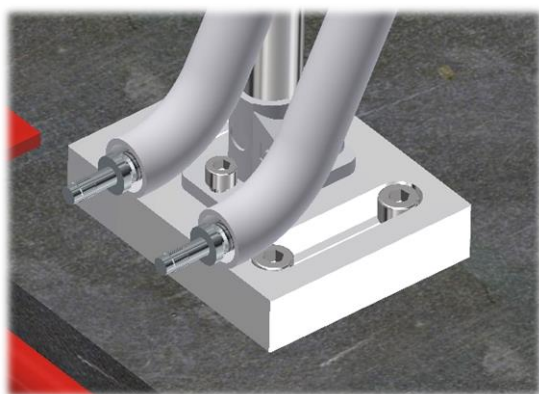
Vibrační předzásobník je tvořen přímočarým vibračním pohonem a násypkou vlastní konstrukce. Násypka je svařovaný celek ze 4 mm nerezového plechu. Vibrační pohony použité v této konstrukci jsou výrobky firmy Vondra a Vondra. Zde se konkrétně jedná o typ VZP80. Pohon i násypka jsou jako celek pevně spojeny se svařovanou podstavou, která je uchycena k ocelové desce.

Hlavní kruhový zásobník je tvořen vibračním pohonem VZC 400 a kruhovým zásobníkem NK 600P. Nad kruhovým zásobníkem je umístěn ultrazvukový senzor (Obr. 19), který snímá výšku hladiny dílců v hlavním kruhovém zásobníku a po překročení nastavené výšky hladiny spustí vibrační pohon předzásobníku.

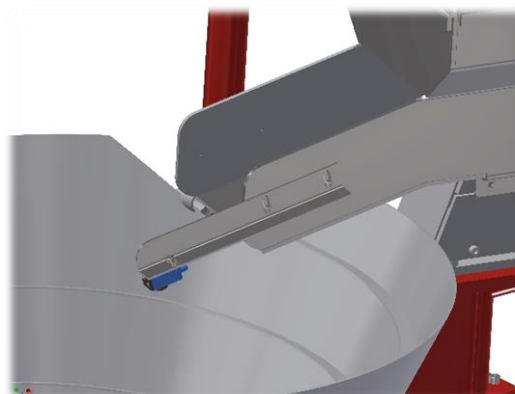
Z důvodu relativně vysokého taktu vstřikování budou dílce z vibračního kruhového zásobníku dopravovány ve dvou drahách. Díl bude pomocí dílčích mechanismů orientován tak, že bude dopravován válcovou částí s menším průměrem napřed (Obr. 2 na str. 19). Z výstupu vibračního zásobníku bude díl dopravován pomocí dvouchodého gravitačního kluzu k dalšímu vibračnímu pohonu, který je již součástí druhé periferie.

Vibrační pohony jsou spojeny s jejich vlastní základní deskou pomocí pružných silentbloků, které částečně omezí přenos vibrací do základní svařované konstrukce. Ta je opatřena nastavitelnými nohami. Hmotnost celé konstrukce včetně všech mechanických dílů a spojovacího materiálu je více než 240 kg, proto není třeba obávat se posunu celé konstrukce vlivem vibrací od vibračních pohonů.

Součástí svařované konstrukce je i schod pro obsluhu, jehož nášlapem je protiskluzový plech. Vzdálenost horní hrany předzásobníku od země (podlahy haly) činí necelých 1400 mm, ale z důvodu možného doplňování většího množství dílců, tím pádem i větší hmotnosti, bylo pro něj raději rozhodnuto. K tomuto rozhodnutí se váže i konstrukce bezpečnostní zábrany, která slouží i jako viditelný prvek upozorňující kolemjdoucí pracovníky na překážku ve formě schodu, který z konstrukce přímo vystupuje do prostoru.

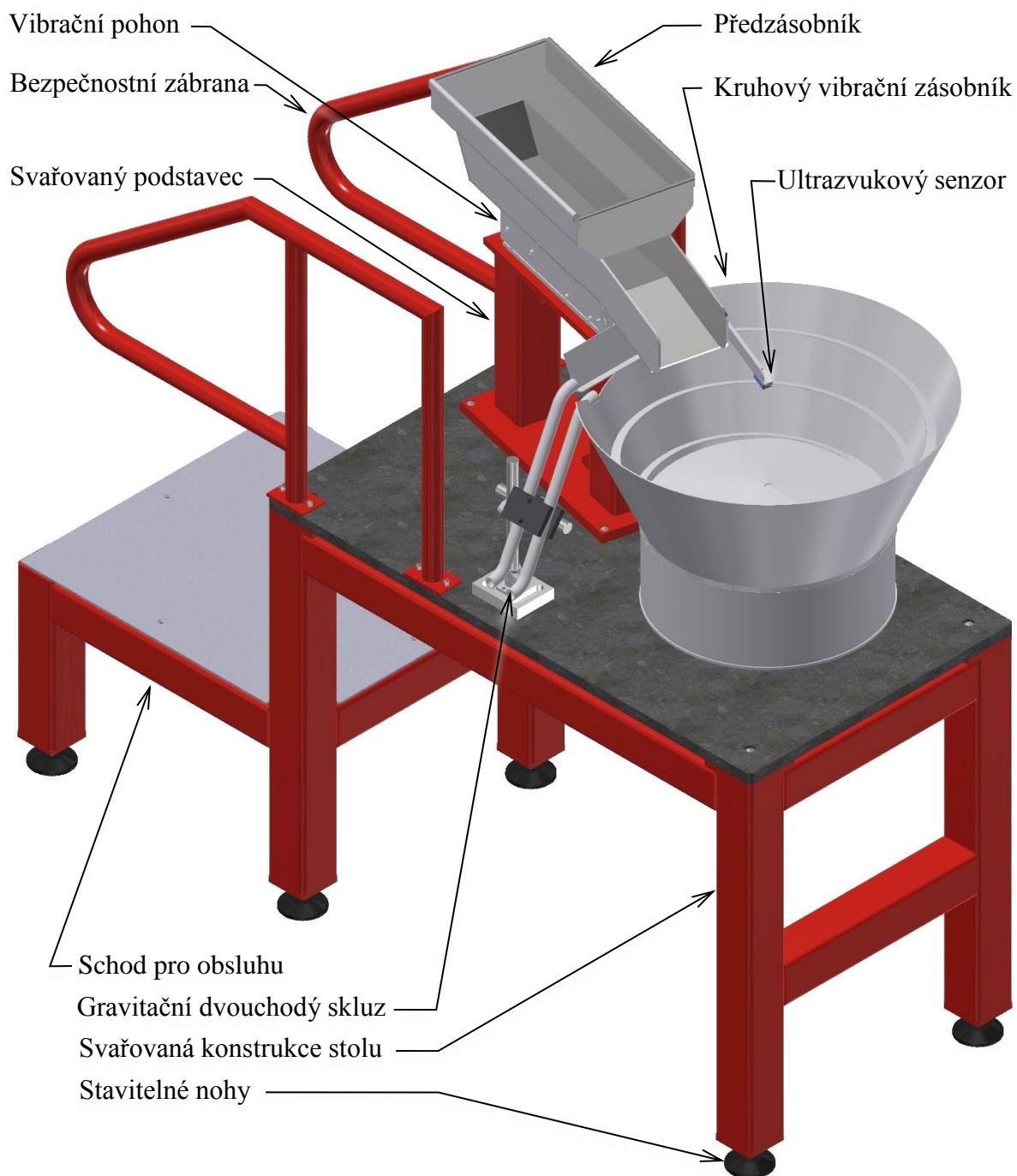


Obr. 18) Správně orientované dílce



Obr. 19) Ultrazvukový snímač Sick UC4





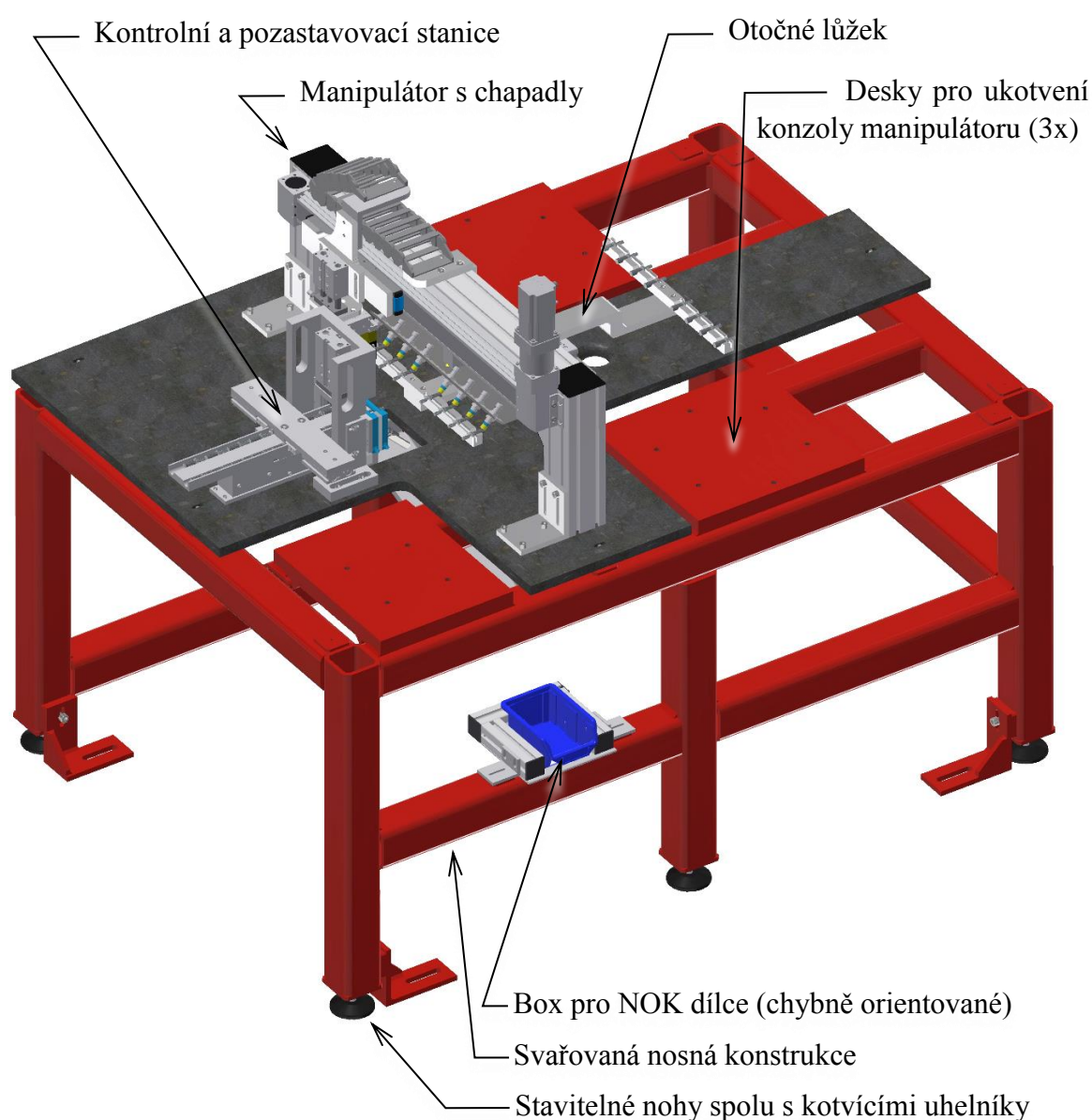
Obr. 20) Konstrukční návrh stanice, kde probíhá orientování dílců a popis všech použitých součástí

### 6.3 Stanice kontroly orientace a založení dílců do lůžek

Z gravitačního skluzu je díl dopravován do druhé stanice (Obr. 21), kde dochází k přesnému založení dílců do lišty v roztečích, které jsou v souladu s roztečemi jader ve formě vstřikolisu.

I přesto, že výrobce je schopen zaručit správné orientování dílců, je do konstrukce vložena kontrolní stanice. Ta v případě detekce chybně orientovaného dílce odsune dílec do boxu, který je bezpečně přístupný pro obsluhu stroje.

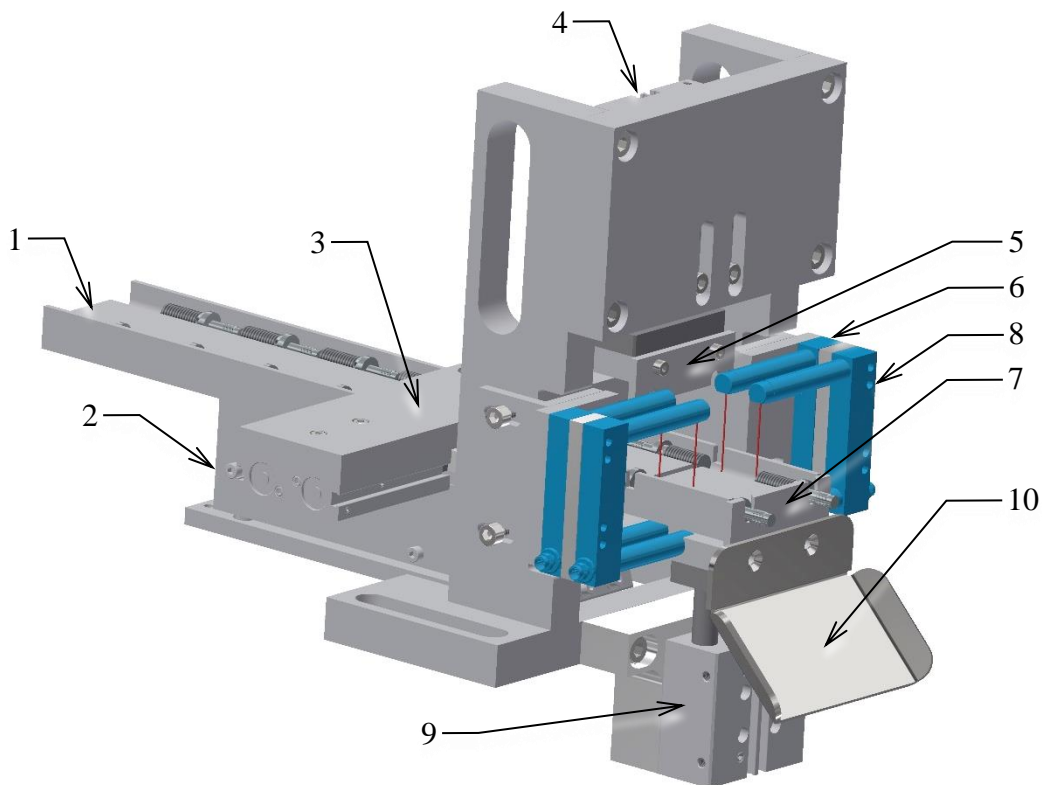
Z kontrolní stanice jsou oba díly (ze dvou drah) přemístěny pomocí chapačů do lůžka. Po naplnění jednoho lůžka (dvě lůžka na rameni) dojde k jeho otočení, čímž je docíleno kontinuálního chodu celého automatizovaného modulu. Z lůžka jsou díly odebírány pomocí chapadla umístěného na manipulátoru, jehož konstrukce je pevně spojena se stolem a je popsána detailně dále v práci.



Obr. 21) Konstrukční návrh stanice, kde probíhá kontrola orientace a založení dílců do lůžka

### 6.3.1 Kontrolní a pozastavovací stanice

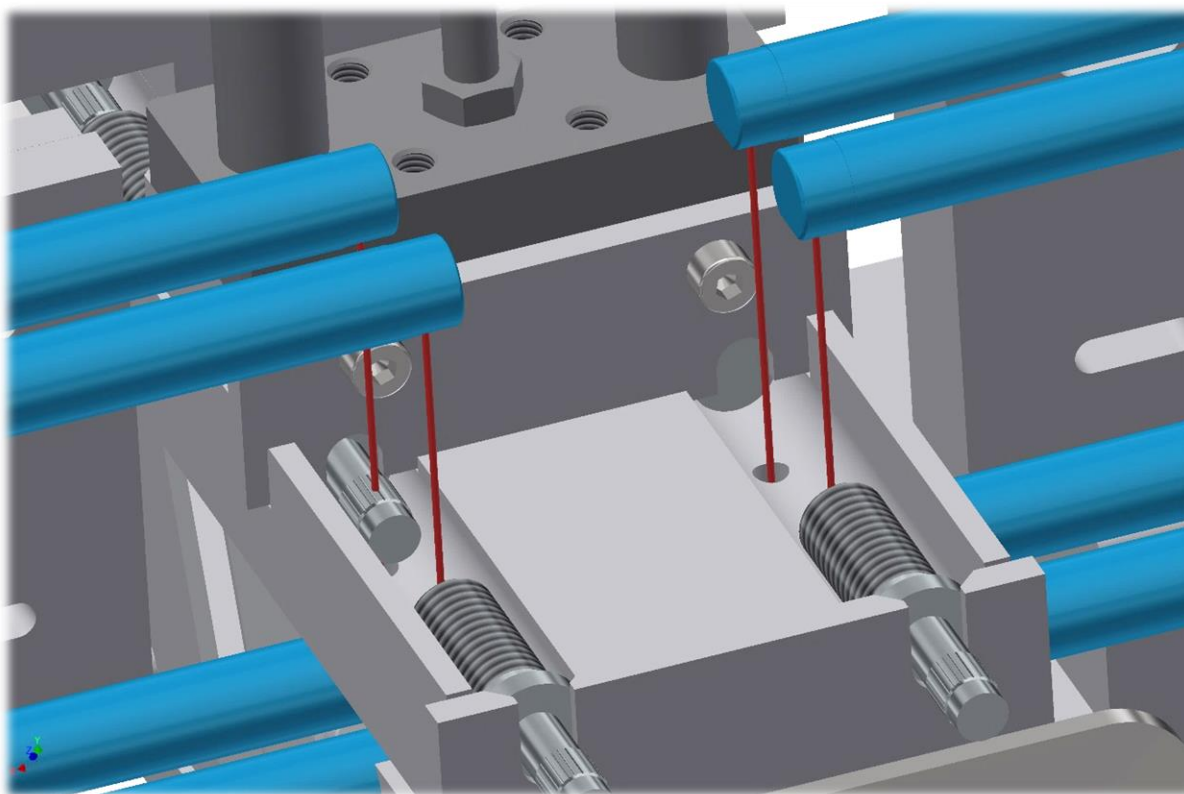
Stanice je vyobrazena na obrázku č. 22. Je tvořena tělesem s dvěma drahami (1), které je umístěno na přímočarém vibračním pohonu VZPB50 (2). Dílce jsou díky vzniklým vibracím posouvány k pneumatickým oddělovačům Festo HPV (3), které slouží k pozastavení celé dráhy dílců a v požadovanou chvíli uvolnění pouze jednoho dílce. Ten pak již samostatně postupuje do místa, kde proběhne kontrola správné orientace.



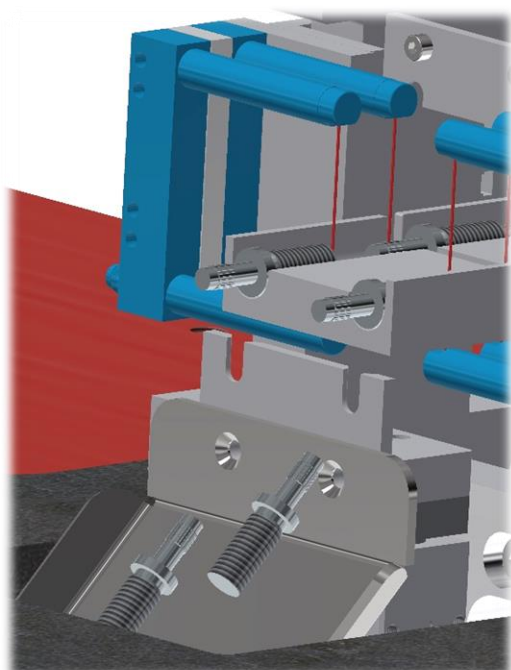
Obr. 22) Konstrukční návrh stanice, kde probíhá kontrola orientace a pozastavení dílů

Princip kontroly orientace je detailně vyobrazen na obrázku č. 23 na str. 36. Do dráhy dílců bude před ně pomocí pneumatického válce Festo DFM (4) vysunuto hradítko (5). Hradítko má vyfrézované dvě drážky, které mají větší šířku, než je menší průměr dílce, ale zároveň mají menší šířku, než je větší průměr dílce. Z toho plyne, že pokud je díl orientován správně, tak je zároveň dopravován menším průměrem válcové části napřed (projde skrz drážku v hradítku). Optický vidlicový snímač Sick WFM50 (6) tak zaznamená jeho přítomnost. Tím předá signál do řídicího systému, zda je dílec správně orientovaný, a zasune se pneumatický válec s hradítkem. Tuto situaci lze dobře vidět na obrázku č. 23 v levé dráze. Díl postupuje poté dál až na doraz (7). Dosednutí až na úplné čelo dorazu kontroluje opět optický vidlicový snímač (8). Poté jsou oba dílce odebrány najednou chapadly, která jsou součástí následující stanice.

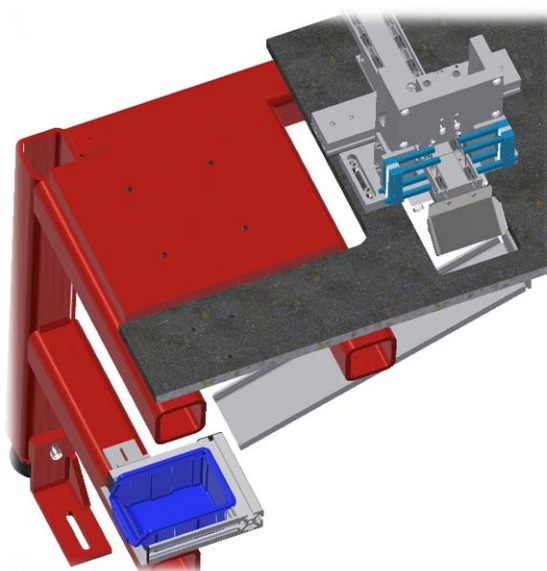
V případě, že je dílec orientovaný chybně, jako je vidět na obrázku č. 23 na str. 36 v pravé dráze, nedojde k detekování dílce pomocí snímače. Hradítko (5) bude pneumatickým válcem (4) vysunuto z prostoru dráhy a dílec bude postupovat až na konec dráhy. Zde dojde k zasunutí dorazu (7) pomocí pneumatického válce Festo DFM (9) a díl bude dále dopravován gravitačním skluzem (10) do boxu pro NOK kusy (Obr. 24 a Obr. 25 na str. 36).



Obr. 23) V dráze vlevo správně orientovaný dílec, v pravé dráze chybně



Obr. 24) Vysunutí NOK dílců z dráhy a jejich pád do skluzu



Obr. 25) Vyobrazení skluzu NOK dílců do boxu pro NOK kusy

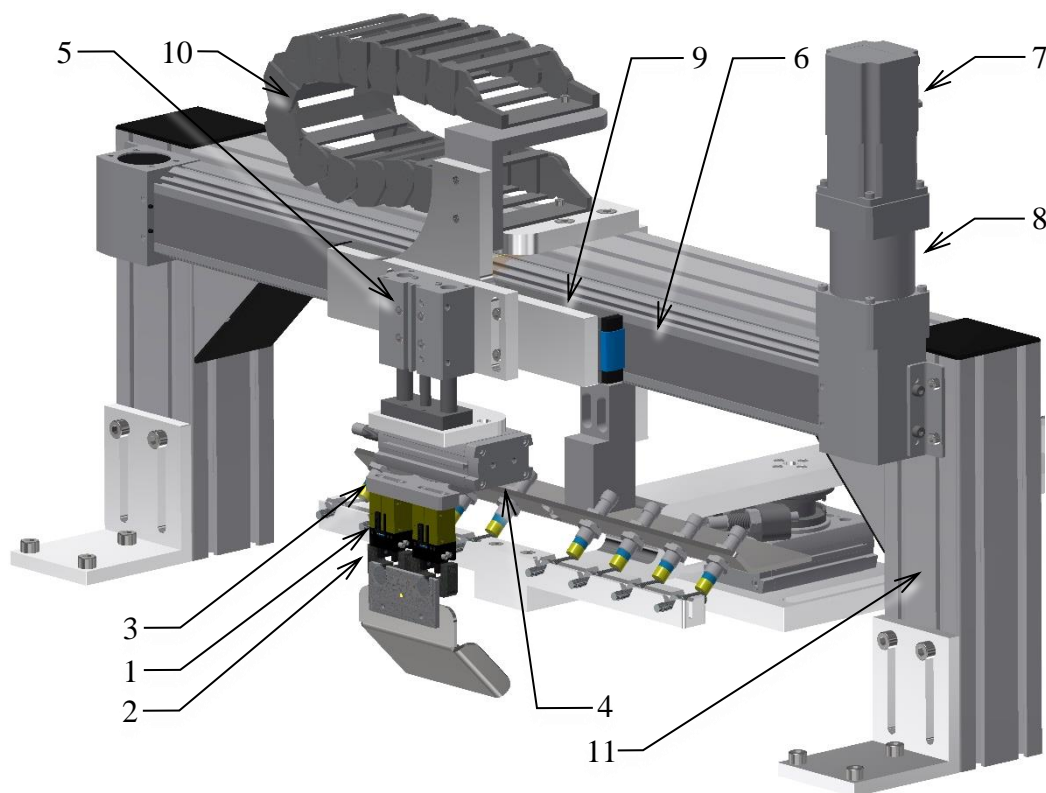


### 6.3.2 Manipulátor s chapadly

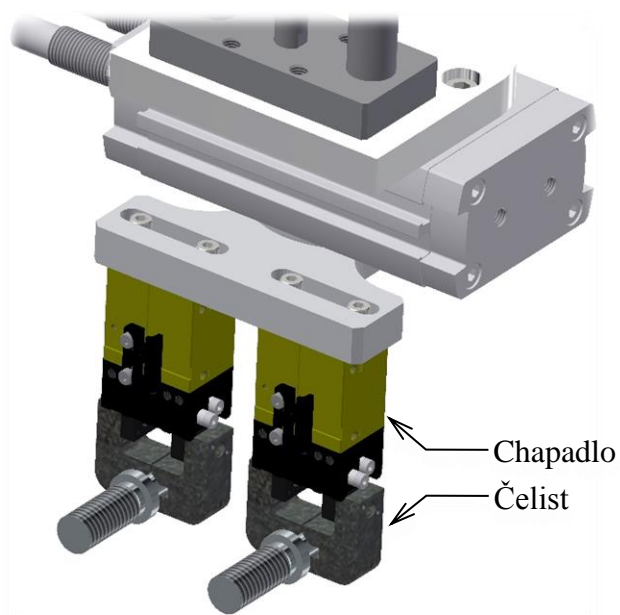
Tato stanice (Obr. 26) má za úkol uchopit oba dílce z místa, kde budou dílce pozastaveny na čele dorazu v předchozí stanici. Chapadla (1) jsou použita dvě, pro každý dílec (dráhu) jedno chapadlo. Jedná se o dvouprstý paralelní uchopovač Schunk MPG s čelistmi vlastní konstrukce (Obr. 27 na str 38). Kalené čelisti (2) jsou přesně uzpůsobeny velikosti průměru uchopovaného dílce. Tyto dvě chapadla jsou spojena k jedné společné desce (3), která je připevněná ke kyvnému pneumatickému pohonu Festo DRRD (4). Tento pohon koná rotační pohyb, kterým je díl přemístěn z místa úchopu do místa předání. Kyvný pohon s chapadly je umístěn na pneumatickém válci Festo DFM (5), který slouží k vysunutí dílců z prostoru dráhy a k vložení dílců do lůžek.

Celý tento mechanismus je spojen s jezdcem pohonu Festo ELGA-TB-RF (6). Pro přesné polohování byl zvolen krokový motor EMMS-ST (7). Přes převodovku Festo EMGA (8) přenáší kroutící moment na ozubený řemen, který velmi přesně mění polohu jezdce (9). Pneumatické hadice jsou vedeny v energetickém řetězu (10) od společnosti Hennlich.

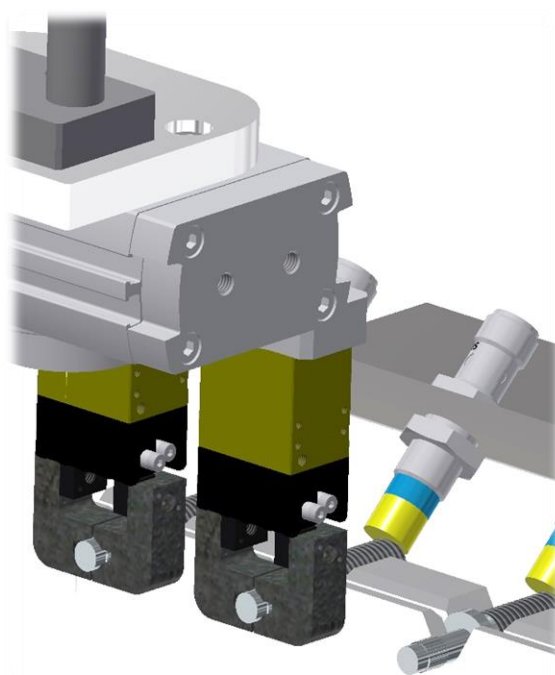
Celý tento modul je součástí rámové konstrukce z hliníkových profilů (11) doplněné o úhelníky, spojovací materiál a záslepky. Vyráběné dílce jsou navrženy tak, aby bylo možné celý mechanismus seřizovat ve všech směrech. Snahou je předejít zbytečným konstrukčním zásahům např. vlivem nepřesnosti výroby.



Obr. 26) Konstrukční návrh manipulátoru s chapadly, která odeberou dílce z kontrolní (pozastavovací) stanice a založí je do lůžek



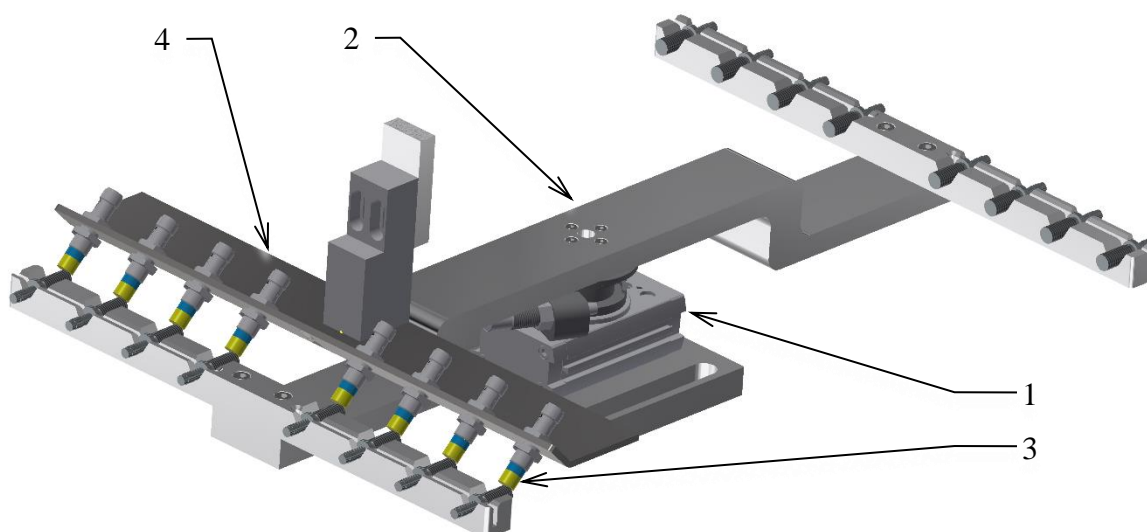
Obr. 27) Použití dvou dvouprstých paralelních uchopovačů Schunk MPG s čelistmi vlastní konstrukce



Obr. 28) Postupné založení všech osmi dílců do lůžek v liště

### 6.3.3 Stanice pro otáčení lůžek

Tato stanice slouží k otočení plně založené lišty do místa pro odběr (Obr. 29). Způsob založení dílců do lišty je vyobrazen na obrázku č. 28. Pro otáčení je použit kyvný pneumatický pohon Festo DRRD (1) s integrovanými přesně nastavitelnými dorazy. Obě základací lůžka jsou spojena kyvným ramenem (2). K otočení ramen dojde po detekci všech osmi kusů dílců, kterou provedou indukční snímače Sick IME (3) integrované v liště (4), která je pevně spojena s rámovou konstrukcí manipulátoru.



Obr. 29) Konstrukční návrh stanice pro otáčení lůžek

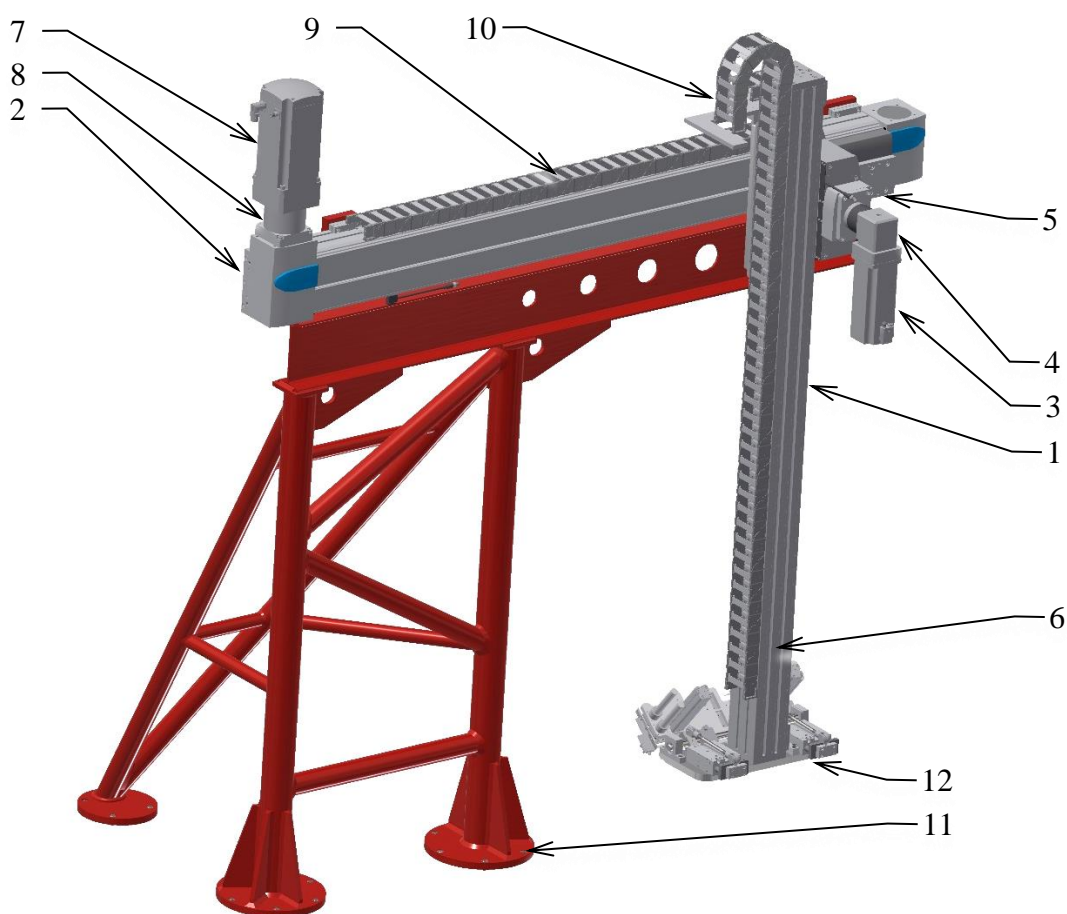
## 6.4 Manipulátor s chapadlem pro přenos dílců do formy vstřikolisu

Tento automatizovaný modul tvoří dvouosý manipulátor. Jeho koncovým efektem je chapadlo (12). Tento manipulátor se skládá ze dvou hlavních pohonů a to:

- Pohon letmý (vertikální) – Festo ELCC-TB-KF (pracovní rozsah 1500 mm) (1),
- Pohon horizontální – Festo EGC-TB-KF (pracovní rozsah 1600 mm) (2).

Toto řešení je specifické v použití letmého pohonu, který umožňuje rychlý transport chapadla (12) s dílcem do vstřikolisu a jeho rychlé vyjetí nad vstřikolisu. Profil letmého pohonu je poháněn servomotorem Festo EMME-AS (3) přes převodovku Festo EMGA (4). Tato pohonná soustava je spojena s jezdcem horizontálního pohonu (5), tudíž ve vertikálním směru dochází k pohybu pouze profilu (6) (motor, převodovka a kabely se vertikálně nepohybují). Jezdec horizontálního pohonu je poháněn servomotorem Festo EMMS-AS (7) přes převodovku Festo EMGA (8). Pneumatické hadice a elektrické kabely pro připojení senzoriky jsou vedeny ve dvou energetických řetězech (9,10).

Celá konstrukce je kotvena pomocí šestnácti šroubů (11) ke třem deskám ocelového svařovaného stolu (Obr. 21 na str. 34). Zde lze předpokládat, že konstrukce nebude svařena dokonale a že vlivem teplot (pnutí) při svařování dojde k její deformaci. Proto jsou vyráběné díly navrženy tak, aby se tyto nepřesnosti vzniklé při výrobě vykompenzovaly možností následného jednoduchého seřízení.



Obr. 30) Konstrukční návrh manipulátoru s chapadlem

#### 6.4.1 Konstrukční návrh chapadla

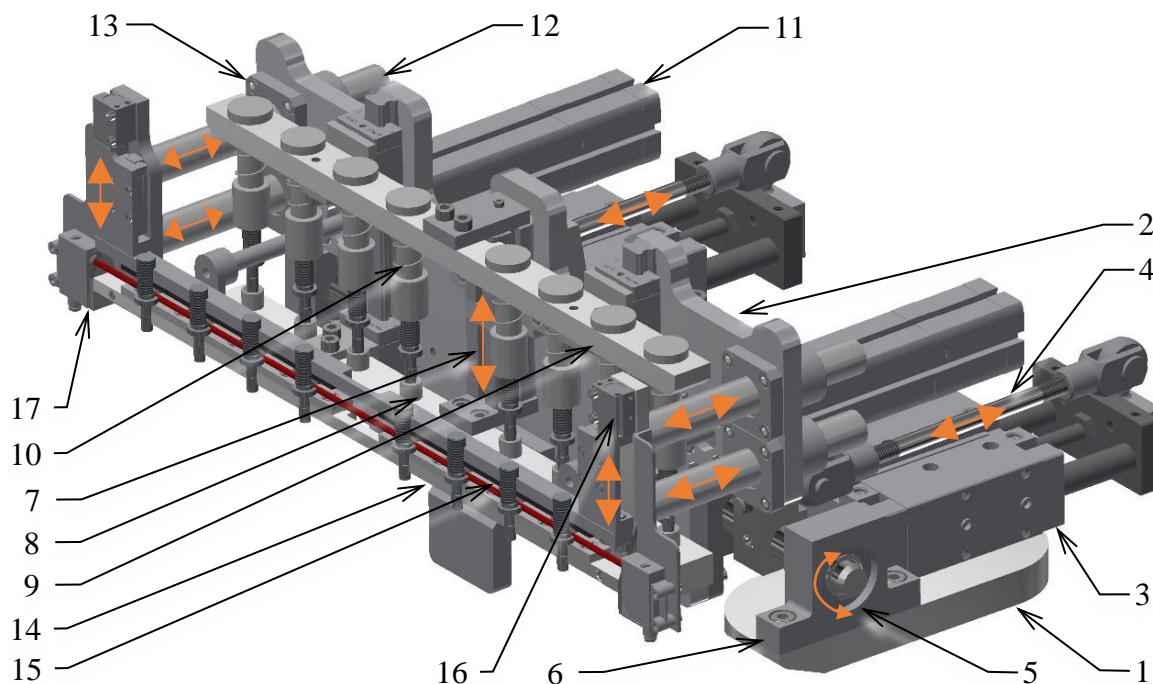
Velmi komplikovanou úlohou se stal návrh chapadla, který je pevně připevněn k profilu letmého pohonu (Obr. 31). Pro snadnější zorientování se v sestavě a pochopení funkce chapadla mohou posloužit obrázky č. 32,33,34 a 35 na str. 41.

Sestava se skládá ze dvou hlavních částí. První část je pevně spojena profilem letmého pohonu (1) a druhá část (2) se bude otáčet o 90° směrem vzhůru. Toto sklápění chapadla vykonávají dva pneumatické válce Festo DFM (3), které sílu přenášejí pomocí dvou nastavitelných táhel (4). Konce táhel jsou spojeny s rameny, která jsou pevně spojena s hřídelí a zajištěna proti pootočení kolíkem. Tím vzniká moment, který způsobí otáčení druhé části.

Hřídel (5) je uložena v ložiskových domcích (6), kde je zabráněno axiálnímu pohybu pomocí vnějších pojistných kroužků. Ložiskové domky byly z důvodu úspory místa nutno navrhnout vlastní. Skládají se z hlavního tělesa, kuličkového ložiska a čelního krytu, která zamezí axiálnímu pohybu ložiska v tělese.

V první (nepohyblivé) desce jsou zakomponovány dva nastavitelné pryžové dorazy s ocelovým jádrem, které slouží k přesnému nastavení požadovaného úhlu kyvu a díky tlumícím vlastnostem pochyty část rázu, který nezachytí tlumicí prvky integrované v pneumatických válcích.

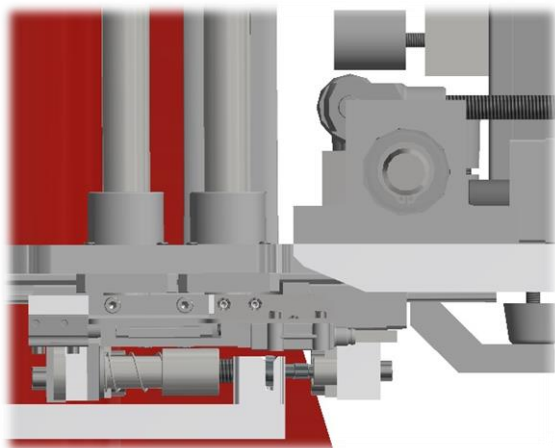
Ve vodorovné poloze (Obr. 32 na str. 41), dochází k uchopení všech osmi dílců. Dílce jsou sevřeny dvěma, proti sobě jdoucími čelistmi, které jsou opatřeny vnitřním kuželem. Tyto čelisti jsou uloženy ve dvou lištách. Každá z nich je vedena lineárním vedením a polohována pneumatickým válcem Festo ADN s krátkým zdvihem (7). Čelisti jsou v jedné lišti uloženy pevně (8), v druhé lišti volně (9). Volné uložení je řešeno volným chodem dřívku čelisti ve vodícím bronzovém pouzdru, které je zalisováno v lišti. Sílu pneumatického válce na jednotlivé dílce zde rozkládají tlačné pružiny (10). Tím je odstraněna možnost nekvalitního úchopu nebo kolize, která by mohla vzniknout vlivem různých rozměrů jednotlivých dílců.



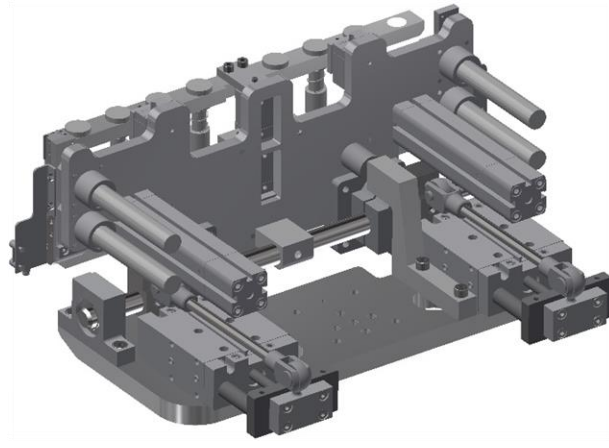
Obr. 31) Konstrukční návrh chapadla, kde jsou dílce zobrazeny jak v první poloze úchopu, tak i ve finálním úchopu těsně před jejich předáním jich do formy



Poté co jsou díly pevně uchopeny, dojde k jejich malému výsuvu z lůžka pomocí letmého pohonu. Dále se chapadlo sklopí do vertikální polohy (Obr. 33). V této poloze je chapadlo přemístěno nejdříve vertikálně a poté horizontálně nad vstřikovací lis, kde dojde k finálnímu úchopu dílců, v jakém budou předávány do formy. Pomocí dvou dvoupolohových pneumatických válců Festo ADN (11) dojde k výsuvu předávacího mechanismu. Tento mechanismus je pro dostatečnou tuhost a přesnost veden čtyřmi vodícími tyčemi (12) ve čtyřech kuličkových pouzdrech (13).



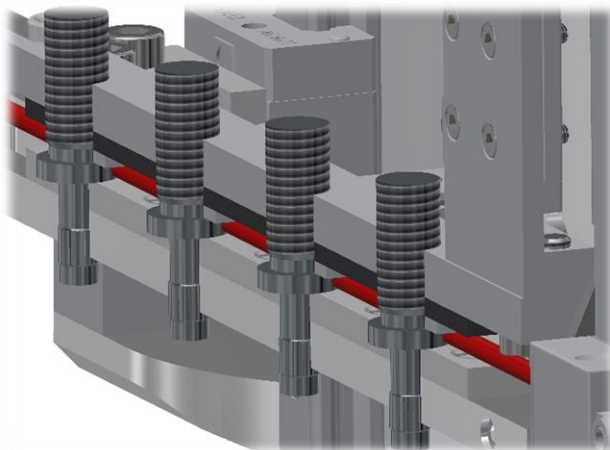
Obr. 32) Uchopení dílců v lůžku



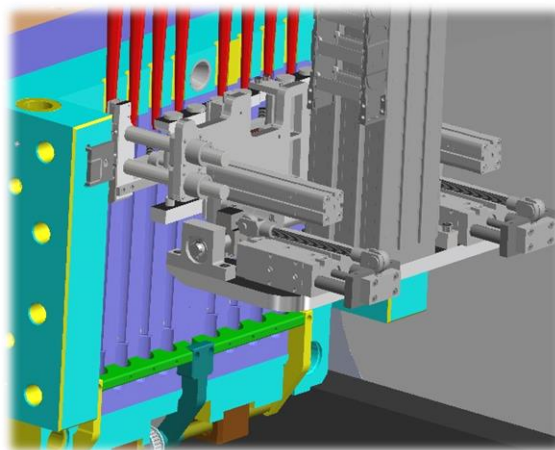
Obr. 33) Sklopení chapadla o 90°

V první poloze dojde k sevření všech osmi kusů za čelní plochy osazení (Obr. 34). Uchopování za část spodní plochy je řešeno přesně profilovanou lištou (14), která je pevně uložena k tělu vysouvacího mechanismu. Uchopování za část horní plochy je řešeno planžetami, které jsou přilepeny k pružnému pryžovému pásku (15). Pásek je přilepen k liště, která je spojena s dvěma pneumatickými válci Festo ADN-S (16), které vykonají sevření dílců mezi spodní lištu a planžety. Tímto pružným sevřením je vykompenzována nepřesnost dílců.

Po finálním sevření je chapadlo přesunuto do vstřikovací formy (Obr. 35). Dvoupolohové pneumatické válce budou pomalu vysouvat uchopené dílce do formy, kde budou předány pomocí mechanismu. Po předání proběhne kontrola jednocestnou světelnou závorou (17), zda bylo předáno všech osm kusů, a následně rychlé vyjetí nad vstřikovací lis.



Obr. 34) Finální uchopení dílců

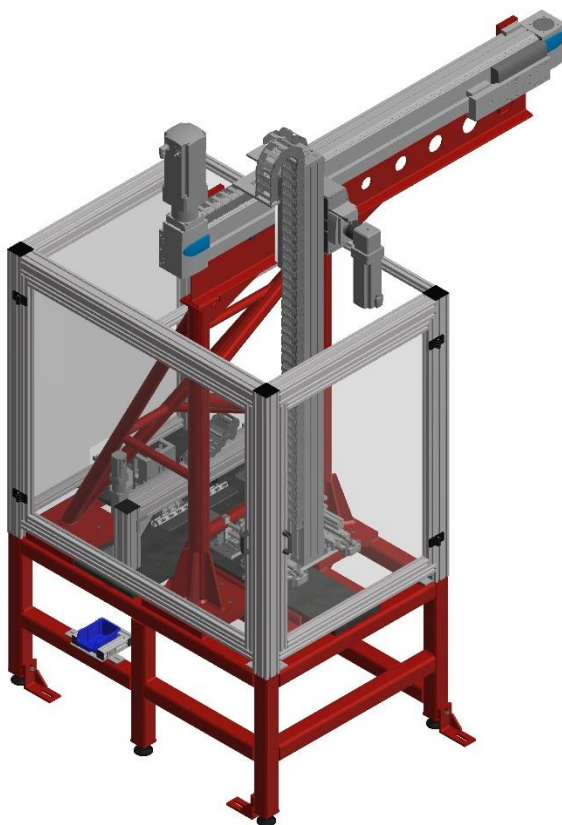


Obr. 35) Předání dílců do formy

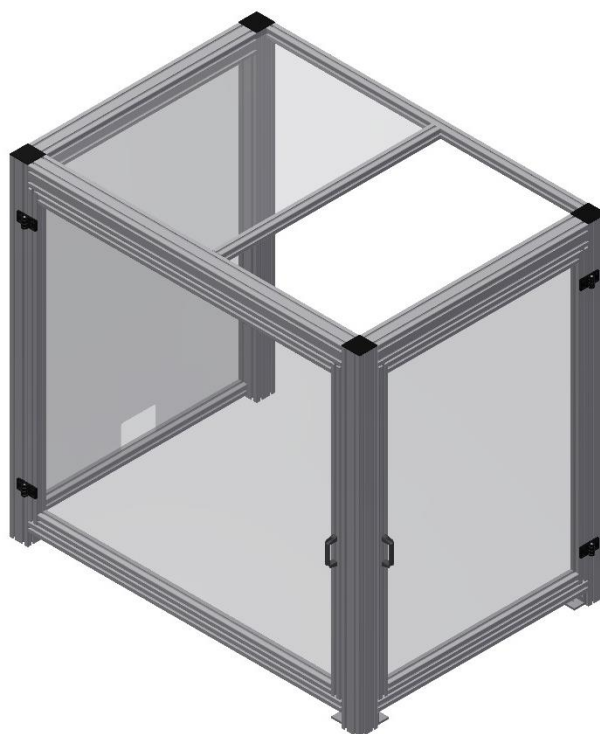
## 6.5 Bezpečnostní krytování

Při návrhu nového stroje, nebo i dodatečné změně v konstrukci, je třeba myslet na bezpečnost stroje. Rizika strojů se posuzují dle možného rozsahu škod a dle pravděpodobnosti výskytu.

Krytování mechanických částí bylo nutné provést především v části konstrukce, kde probíhá manipulace s dílci pomocí pohonů. Zde by hrozilo nebezpečí ve formě pohybujících se těles, a to ve velmi malém prostoru. Největší obavy jsou samozřejmě z velkého manipulátoru, který velmi rychle mění polohu chapadla, a to velmi blízko ovládacího panelu vstřikovacího lisu, kde lze předpokládat častou přítomnost obsluhy.



Obr. 36) Bezpečnostní kryt a jeho umístění na stroji



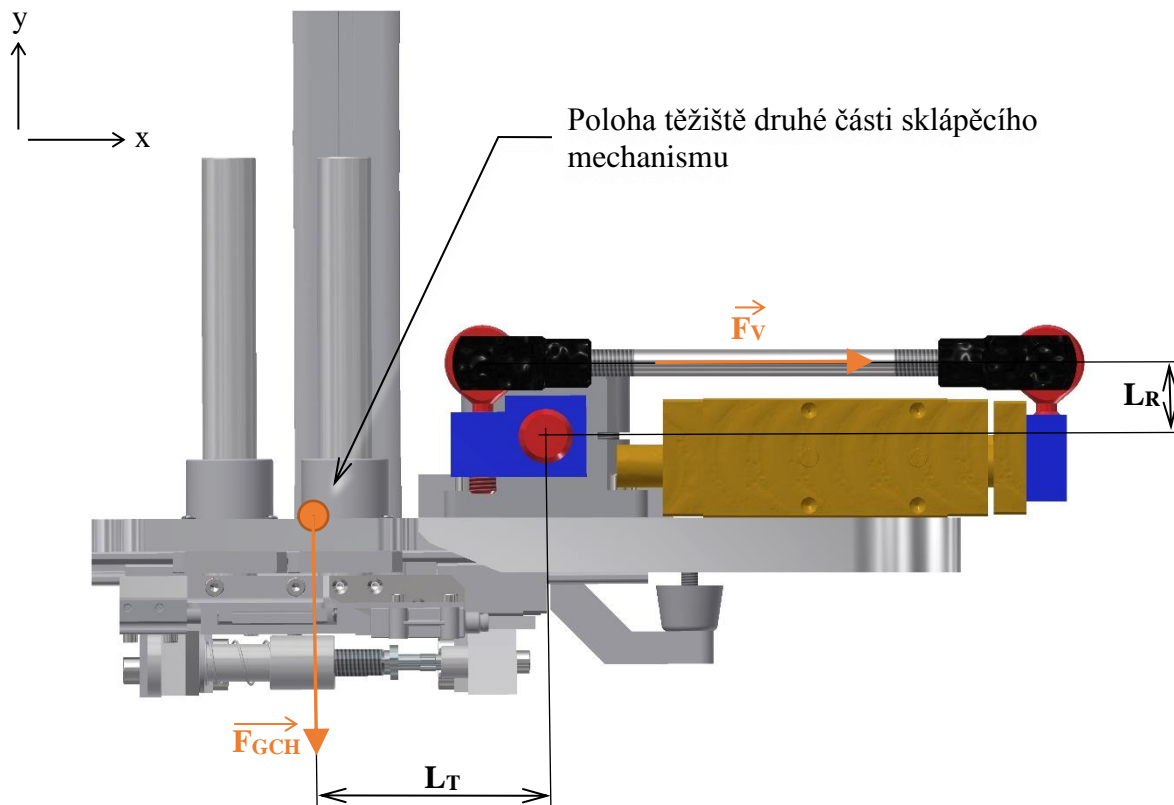
Obr. 37) Konstrukční návrh bezpečnostního krytu

Konstrukce bezpečnostního krytu je složena z hliníkových profilů. Ze strany, kde je ovládací panel vstřikolisu, a z hlavní strany jsou bezpečnostní dveře. Pro volbu dvou dveří bylo rozhodnuto z důvodu možnosti seřízení a kontrol (revizí) v předepsaných časových intervalech. Zajištění a bezpečnost dveří je prováděné elektromechanickým blokovacím zařízením Sick i12S pro obě dveře zvlášť. Toto blokovací zařízení se skládá z hlavního těla, které je pevně spojeno s rámem, a ovladače, který je připevněn ke dveřím.

Vrchní kryt byl přidán z důvodu možného dosahu operátora do pracovního prostoru stroje, který by byl již možný z vyvýšeného schodu k vibračnímu předzásobníku.

## 7 VÝPOČTOVÁ ZPRÁVA

### 7.1 Volba pneumatického válce pro sklápění chapadla



Obr. 38) Pro výpočet schematicky zjednodušen mechanismus sklápění chapadla

Tab 2) Vstupní rozměrové parametry.

Označení	Popis	Hodnota
$L_T$	Vzdálenost těžiště druhé části chapadla od osy sklápění	91,8 mm
$L_R$	Vzdálenost osy táhla válce od osy sklápění	27 mm
$m_{CH}$	Hmotnost druhé části chapadla	10,3 kg

Výpočet tíhové síly:

$$F_{GCH} = m_{CH} \cdot g = 10,3 \cdot 9,81 = 101,043 \text{ N} \quad (1)$$

Výpočet velikosti požadované dopředné síly jednoho pneumatického válce  $F_v$  (v konstrukci jsou použity dva):

$$\sum M(z) = 0 \quad (2)$$

$$F_{GCH} \cdot L_T = 2 \cdot F_V \cdot L_R \quad (3)$$

$$F_V = \frac{F_{GCH} \cdot L_T}{2 \cdot L_R} = \frac{101,043 \cdot 91,8}{2 \cdot 27} = 171,773 \text{ N} \quad (4)$$

Tab 3) Výběr parametrů vytypovaného pneumatického válce [21].

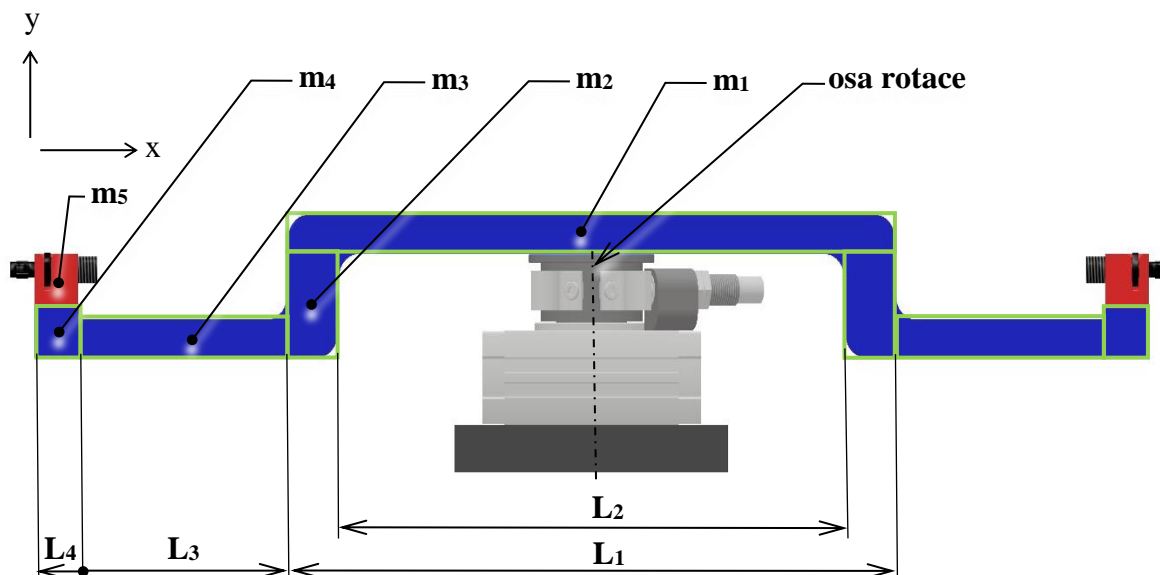
Festo	DFM-25-50-B-PPV-A-GF
<b>Zdvih</b>	50 mm
<b>Průměr pístu</b>	25 mm
<b>Teoretická síla při 6 barech, zpětný chod</b>	247 N
<b>Teoretická síla při 6 barech, dopředný chod</b>	295 N

$$F_V \leq F_{\text{DOPŘEDNÝ CHOD}} \quad (5)$$

$$171,773 \text{ N} < 295 \text{ N} \Rightarrow \text{Vyhovuje} \quad (6)$$

Dle vypočtené velikosti dopředné síly jednoho pneumatického válce byl vytypován pneumatický válec Festo DFM-25-50-B-PPV-A-GF (Tab. 3). Byl zvolen s dostatečnou rezervou (6), protože ve výpočtu nebylo počítáno s hmotností pneumatických hadic, elektrických kabelů a dalšího nutného příslušenství. Tření vzniklé ve valivých ložiskách, v kterých je hřídel kyvného mechanismu uložena, bylo zanedbáno.

## 7.2 Volba kyvného pohonu pro otáčení ramena lůžek



Obr. 39) Pro výpočet schematicky zjednodušen mechanismus otáčení lůžek

Tab 4) Vstupní rozměrové parametry.

Označení	Popis	Hodnota
<b>m<sub>1</sub></b>	Hmotnost vyznačené části č. 1	0,668 kg
<b>m<sub>2</sub></b>	Hmotnost vyznačené části č. 2	0,146 kg
<b>m<sub>3</sub></b>	Hmotnost vyznačené části č. 3	0,222 kg
<b>m<sub>4</sub></b>	Hmotnost vyznačené části č. 4	0,064 kg
<b>m<sub>5</sub></b>	Hmotnost vyznačené části č. 5 (lůžko se všemi osmi dílci)	0,518 kg
<b>L<sub>1</sub></b>	Délkový rozměr části č. 1	300 mm
<b>L<sub>2</sub></b>	Délkový rozměr části č. 2	250 mm
<b>L<sub>3</sub></b>	Délkový rozměr části č. 3	103 mm
<b>L<sub>4</sub></b>	Délkový rozměr části č. 4	22 mm

- Výpočet momentu setrvačnosti ramena včetně všech osmi kusů v lůžkách [19]:

(7)

$$\begin{aligned}
 I_{(0)} &= \frac{1}{12} \cdot m_1 \cdot L_1^2 + \\
 &+ 2 \cdot \left[ \frac{1}{3} \cdot m_2 \cdot \left( \frac{L_1 - L_2}{2} \right)^2 + m_2 \cdot \left( \frac{L_1 - L_2}{4} + \frac{L_2}{2} \right)^2 \right] + \\
 &+ 2 \cdot \left[ \frac{1}{3} \cdot m_3 \cdot (L_3)^2 + m_3 \cdot \left( \frac{L_1 + L_3}{2} \right)^2 \right] + \\
 &+ 2 \cdot \left[ \frac{1}{3} \cdot m_4 \cdot (L_4)^2 + m_4 \cdot \left( \frac{L_1}{2} + L_3 + \frac{L_4}{2} \right)^2 \right] + \\
 &+ 2 \cdot \left[ m_5 \cdot \left( \frac{L_1}{2} + L_3 + \frac{L_4}{2} \right)^2 \right] = \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 0,668 \cdot 300^2 + \\
 &+ 2 \cdot \left[ \frac{1}{3} \cdot 0,146 \cdot \left( \frac{300 - 250}{2} \right)^2 + 0,146 \cdot \left( \frac{300 - 250}{4} + \frac{250}{2} \right)^2 \right] + \\
 &+ 2 \cdot \left[ \frac{1}{3} \cdot 0,222 \cdot (103)^2 + 0,222 \cdot \left( \frac{300 + 103}{2} \right)^2 \right] + \\
 &+ 2 \cdot \left[ \frac{1}{3} \cdot 0,064 \cdot (22)^2 + 0,064 \cdot \left( \frac{300}{2} + 103 + \frac{22}{2} \right)^2 \right] + \\
 &+ 2 \cdot \left[ 0,518 \cdot \left( \frac{300}{2} + 103 + \frac{22}{2} \right)^2 \right] = \\
 &= 5\,010 + 2 \cdot 2\,790,729 + 2 \cdot 9\,798,766 + 2 \cdot 4\,470,869 + \\
 &+ 2 \cdot 36\,102,528 = 111\,335,784 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Tab 5) Výběr parametrů vytypovaného kyvného pohonu [22].

Festo	DRRD-20-180-FH-Y12A
Velikost	20 mm
Úhel kyvu	180°
Teoretická kroutící moment při 6 barech	2,41 N·m
Přípustný moment setrvačnosti	0,04–0,15 kg·m <sup>2</sup>

$$I_{(0)} \leq I_{\text{PŘÍPUSTNÝ}} \quad (8)$$

$$111\,335,784 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2 < 150\,000 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2 \Rightarrow \text{Vyhovuje} \quad (9)$$

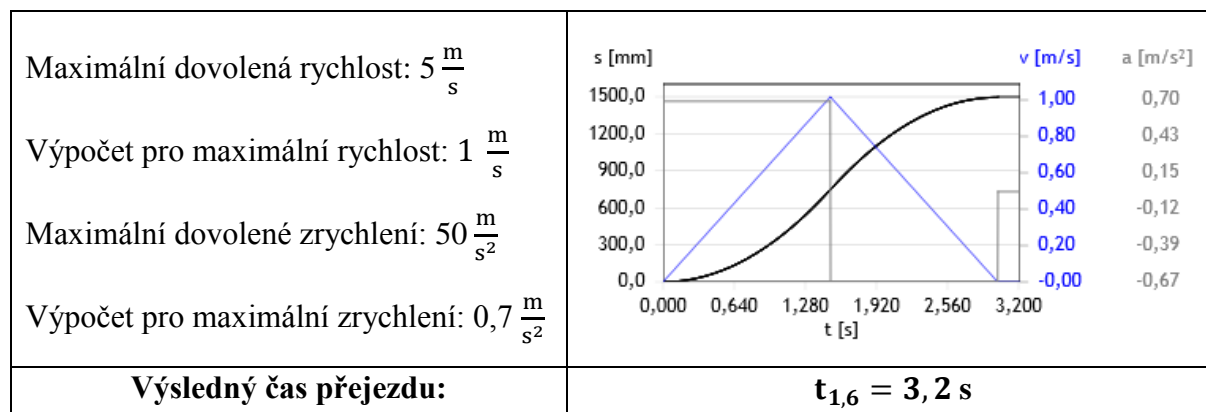
Dle vypočtené velikosti momentu setrvačnosti kyvného ramena s lůžky byl vytypován pneumatický kyvný pohon Festo DRRD-20-180-FH-Y12A (Tab. 5). Dle porovnání vypočteného momentu setrvačnosti a přípustného momentu setrvačnosti (9) je patrna dostatečná rezerva v dimenzování. Menší velikost pneumatického kyvného pohonu by již tuto podmínku nesplňovala.

### 7.3 Kontrola dodržení požadovaného taktu

Velmi důležitým požadavkem na novou konstrukci je dodržení požadovaného taktu vstřikování. Jelikož byly použity všechny pneumatické a elektrické pohony od společnosti Festo, bylo proto vhodné použít pro výpočet rychlostí posuvů jejich simulační program PositioningDrives [24].

Simulační program bere v úvahu kompletní charakteristiky zvolených pohonů, které jsou zmíněny v kapitolách zabývajících se vlastním konstrukčním návrhem. Po nastavení všech vstupních parametrů (hmotnost nesenných těles, časová prodleva, přídavné síly atd.) lze dosáhnout velmi přesných výsledků, kterých by se při jednodušším analytickém výpočtu velmi těžko dosahovalo. Do celkového času přejezdu pohonu ze startovací do konečné polohy jsou započítána námi definovaná dovolená zrychlení a rychlosti, které zásadně ovlivňují celkový čas přejezdu.

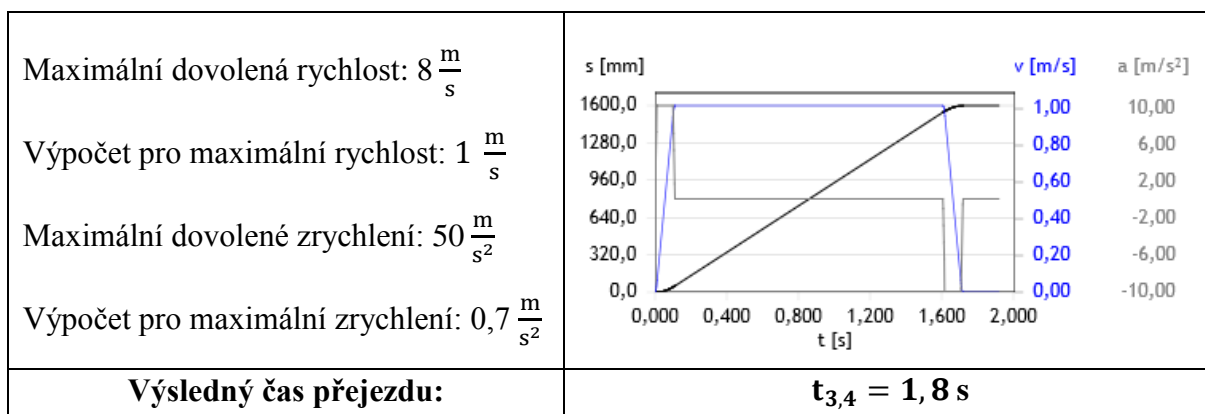
- Posuv letmého pohonu nad prostor vstřikolisu:



Obr. 40) Výpočet doby přejezdu letmého pohonu nad prostor vstřikolisu [24]

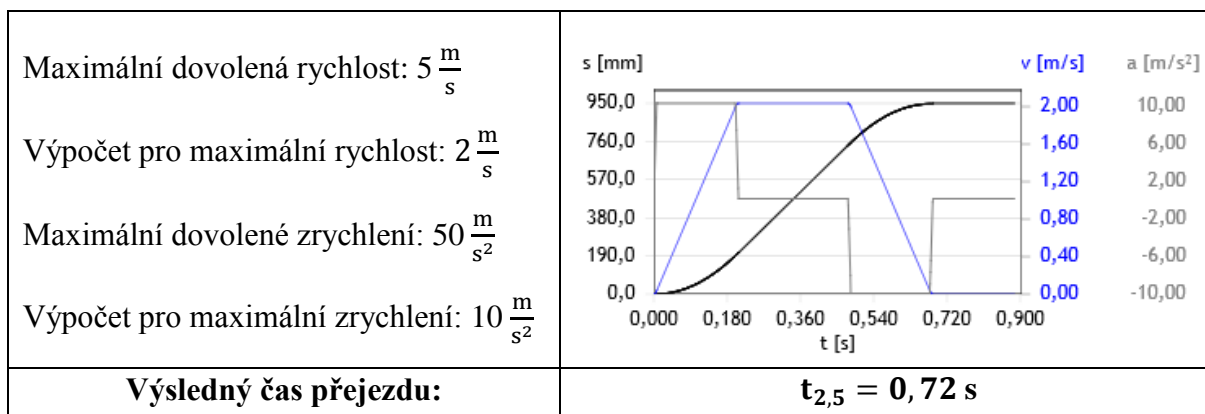


- **Posuv horizontální pohonu nad prostor vstříkolisu:**



Obr. 41) Výpočet doby přejezdu horizontálního pohonu nad vstříkolis [24]

- **Posuv letmého pohonu do prostoru formy vstříkolisu:**



Obr. 42) Výpočet doby přejezdu letmého pohonu do formy vstříkolisu [24]

- Výpočet doby přejezdu z místa uchopení dílců v lůžkách do místa předávání do formy a zpět:

$$t_{TC1} = 2 \cdot (t_{1,6} + t_{3,4} + t_{2,5}) = 2 \cdot (3,2 + 1,8 + 0,72) = 11,44 \text{ s} \quad (10)$$

Doba jednoho vstříkování je 30 s. Z výpočtových simulací byl vypočítán celkový teoretický čas  $t_{TC1}$  přejezdu manipulátoru z místa uchopení dílců do místa předání dílců do formy a zpět. Do reálného času přejezdu manipulátoru je třeba započítat sklápění chapadla do svislé a horizontální polohy a čas samotného předávání dílců.

- Výpočet doby přejezdu z místa nad vstříkolisem do místa předávání do formy a zpět:

$$t_{TC2} = 2 \cdot t_{2,5} = 2 \cdot 0,72 = 1,44 \text{ s} \quad (11)$$

Čas pro předání dílců do formy a opuštění tohoto prostoru musí být do 6 s. Z toho vyplývá, že čas na samotný výsuv dílců pro předání a zpětný chod naprázdno je přes 4,5 s.

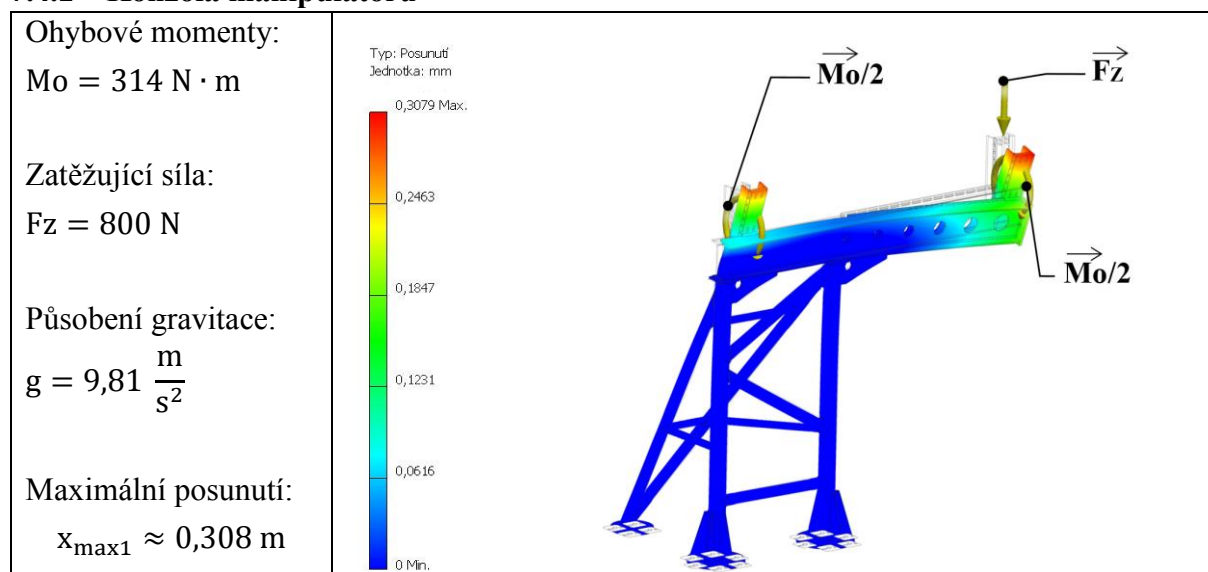
Všechny simulace byly provedeny pro nízké velikosti zrychlení a rychlostí, ale přesto plně splňují požadavky, které jsou kladeny na takt nově konstruovaného stroje. Výběr pohonů menších velikostí nepřipadá v úvahu z důvodu požadované přesnosti zakládání a hmotnosti samotného letmého pohonu včetně chapadla a veškerého příslušenství.

## 7.4 Pevnostní analýza

Pevnostní analýza vybraných prvků byla provedena metodou konečných prvků v části pevnostní analýzy aplikace Autodesk Inventor Professional 2018 (Obr. 43 a Obr. 44).

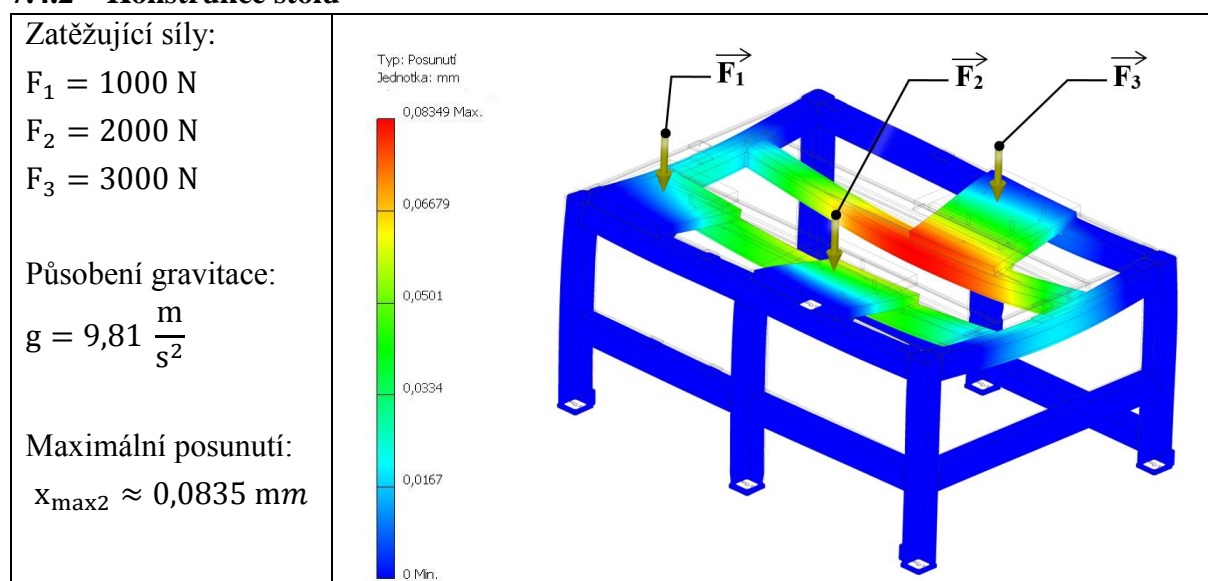
Obě dvě pevnostní analýzou kontrolované konstrukce jsou vyrobeny z běžné konstrukční oceli. Pevnostní analýza je vytvořena pro krajní polohu manipulátoru, kde lze předpokládat nejvyšší hodnoty vyvolávaného zatížení. Velikosti zatěžujících sil a ohybových momentů jsou nastaveny značně vyšší než reálná zatížení, která v konstrukci vznikají pouze statickým zatěžováním. Tuhost obou konstrukcí se po osazení všech komponent ještě zaručeně zvýší. Vzniklé deformace v konstrukci lze eliminovat jednoduchým seřízením stroje.

### 7.4.1 Konzola manipulátoru



Obr. 43) Pevnostní analýza konzoly (posunutí)

### 7.4.2 Konstrukce stolu



Obr. 44) Pevnostní analýza konstrukce stolu (posunutí)



## 8 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem automatizovaného zakládání vložek do formy vstříkolisu.

Na základě řešení daných konstrukčních oblastí proběhla analýza řešené problematiky. Zde jsou popsány nejobvyklejší možnosti orientování neorientovaných dílů, jejich následné uchopování a manipulování s nimi. Dle nabytých zkušeností z této analýzy řešené problematiky, z možných relevantních konstrukčních variant a vlastního úsudku je navržen vlastní finální konstrukční návrh. Tento konstrukční návrh je podložen kompletním 3D modelem, který byl zpracován v aplikaci Autodesk Inventor Professional 2018. Jednotlivé části konstrukčního návrhu jsou detailně popsány.

Na základě požadavků na konstrukci proběhl kontrolní výpočet na splnění taktu vstřikování a proběhlo dimenzování vybraných prvků za použití metody konečných prvků, které bylo provedeno v části pevnostní analýzy aplikace Autodesk Inventor Professional 2018. Po splnění všech dílčích částí zadání byla vytvořena výkresová dokumentace vybraných konstrukčních uzlů.



## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Robotika v praxi: Kamerové navádění robota ve 3D. *Matfyz.cz* [online]. © 2018 [cit. 2019-19-04]. Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/1187-robotika-v-praxi-kamerove-navadeni-robota-ve-3d>
- [2] KUKA koncové efekty: Prsty pro každého robota a každý úkol. *Kuka.com* [online]. © 2019 [cit. 2019-20-04]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-sluzby/roboticke-systemy/periferie-robotu/koncové-efekty>
- [3] Soukromý archiv zaměstnanců společnosti Modia, s.r.o.
- [4] AUTOMA časopis pro automatizační techniku. *Automa.cz* [online]. © 2014 [cit. 2019-20-04]. Dostupné z: [http://automa.cz/cz/casopis-clanky/roboticky-vyber-objektu-z-kontejneru-bin-pickinf-2014\\_05\\_52498\\_7770](http://automa.cz/cz/casopis-clanky/roboticky-vyber-objektu-z-kontejneru-bin-pickinf-2014_05_52498_7770)
- [5] Bin Picking pro automatické přesné umístění objektu. *Blumenbecker.com* [online]. © 2019 [cit. 2019-21-04]. Dostupné z: <https://www.blumenbecker.com/sk-en/industrial-automation/industrial-robotics/bin-picking>
- [6] DLOUHÝ, R. Návrh robotického pracoviště pro mazání komponent. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 48 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Aleš Pochylý.
- [7] Vibrační podavače a zásobníky od firmy Vondra a Vondra. *Vondra-vondra.cz* [online]. © 2019 [cit. 2019-21-04]. Dostupné z: <http://www.vondra-vondra.cz/cz/katalog>
- [8] Čína vlastní část krmítka výrobci a dodavatelé - výrobní cenu část krmítka - SWOER. Vibrační dopravníky, Vibrační podavače základna, Vibrační podavače řadič, výrobci a dodavatelé - výrobní cenu - Dongguan Swoer Automation Technology Co., Ltd [online]. [online]. © 2019 [cit. 2019-21-04]. Dostupné z: <http://cz.swoer.in/vibratory-bowl-feeder/part-feeders.html>
- [9] Vibrační technika Libor Kříž. *Liborkriz.eu* [online]. © 2019 [cit. 2019-21-04]. Dostupné z: <http://www.liborkriz.eu>
- [10] Uchopovací systémy. *Schunk.com* [online]. © 2019 [cit. 2019-25-04]. Dostupné z: [https://schunk.com/cz\\_cs/uchopovaci-systemy/category/uchopovaci-systemy/uchopovace-schunk/](https://schunk.com/cz_cs/uchopovaci-systemy/category/uchopovaci-systemy/uchopovace-schunk/)
- [11] Kolaborativní chapadlo (HRC) v okolí obráběcího stroje-Strojírenství. *Strojirenstvi-oneindustry.one* [online]. © 2019 [cit. 2019-25-04]. Dostupné z: <https://strojirenstvi.oneindustry.one/kolaborativni-chapadlo-hrc-v-okoli-obrabeciho-stroje/>
- [12] Chapadla od společnosti Festo Czech Republic [online]. © 2019 [cit. 2019-26-04]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/cs\\_cz\\_547614.htm](https://www.festo.com/cms/cs_cz_547614.htm)

- [13] Festo-Festo Media Service-Laboratory automation/mezical technology. *Object moved* [online]. © 2019 [cit. 2019-26-04]. Dostupné z: [https://www.festo.com/net/cs\\_cz/SupportPortal/press.aspx?cat=5496&tab=11&s=t](https://www.festo.com/net/cs_cz/SupportPortal/press.aspx?cat=5496&tab=11&s=t)
- [14] Uchopovací systémy. *Schunk.com* [online]. © 2019 [cit. 2019-26-04]. Dostupné z: [https://schunk.com/cz\\_cs/uchopovaci-systemy/series/mpc/](https://schunk.com/cz_cs/uchopovaci-systemy/series/mpc/)
- [15] Object moved. *Object moved* [online]. © 2019 [cit. 2019-26-04]. Dostupné z: [http://automa.cz/cz/casopis-clanky/elektricke-pneumaticke-a-hydraulice-pohony-na-msv-v-brne-2002\\_07\\_28508\\_2357/](http://automa.cz/cz/casopis-clanky/elektricke-pneumaticke-a-hydraulice-pohony-na-msv-v-brne-2002_07_28508_2357/)
- [16] Základní principy krokových motorů-Portál pro strojní konstruktéry. *Portál pro strojní konstruktéry* [online]. © 2013 [cit. 2019-26-04]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/zakladni-principy-krokovych-motoru/>
- [17] Efektívne, efektívnejšie, HGO, Exkluzívne články, Rubriky, ATP Journal-priemyselná automatizácia, robotika a informatika. *ATP Journal-priemyselná automatizácia, robotika a informatika* [online]. © 2010 [cit. 2019-26-04]. Dostupné z: [https://www.atpjournals.sk/rubriky/exkluzivne-clanky/efektivne-efektivejsie-hgo.html?page\\_id=22440](https://www.atpjournals.sk/rubriky/exkluzivne-clanky/efektivne-efektivejsie-hgo.html?page_id=22440)
- [18] Periferie a automatizace pro vstřikovací lis. *Nejčtenější strojírenský časopis-MM spektrum* [online]. © 2019 [cit. 2019-27-04]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/periferie-a-automatizace-pro-vstrikovaci-lis.html>
- [19] SHIGLEY, J.E., Ch.R. MISCHKE a R.G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. Brno: Nakladatelství VUTIMUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [20] MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014, MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1
- [21] Válce s vedením DFM, metrické / Festo Czech Republic. *Object moved* [online]. © 2019 [cit. 2019-13-05]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_DFM?CurrentIDCode1=DFM-25-50-B-PPV-A-GF&CurrentPartNo=532317](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DFM?CurrentIDCode1=DFM-25-50-B-PPV-A-GF&CurrentPartNo=532317)
- [22] Kyvné pohony DRRF | Festo Czech Republic. *Object moved* [online]. © 2019 [cit. 2019-13-05]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_DRRD](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DRRD)
- [23] ARBURG Sales and service of injection moulding machines for plastics. *301 Moved Permanently* [online]. © 2019 [cit. 2019-15-05]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.eu/en/podla-cinnosti/arburt-spol-s-ro/f/108>
- [24] PositioningDrives | Festo *Object moved* [online]. © 2019 [cit. 2019-15-05]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/nl-be\\_be/50554](https://www.festo.com/cms/nl-be_be/50554)
- [25] 3D CAD Model Collection | GrabCAD Community Library. *GrabCAD: Design Community, CAD Library, 3D Printing Software* [online]. © 2019 [cit. 2019-20-05]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/engel-e-victory-80t-1>

# 10 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

## 10.1 Seznam použitých symbolů a zkratek

Označení	Legenda	Jednotka
$L_T$	Vzdálenost těžiště druhé části chapadla od osy sklápění	[mm]
$L_R$	Vzdálenost osy táhla válce od osy sklápění	[mm]
$m_{CH}$	Hmotnost druhé části chapadla	[kg]
$g$	Gravitační zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
$F_{GCH}$	Tíhová síla druhé části chapadla	[N]
$F_V$	Výpočet velikosti požadované dopředné síly pneumatického válce	[N]
$M(z)$	Moment k ose z	$[N \cdot m]$
$m_1$	Hmotnost vyznačené části č. 1	[kg]
$m_2$	Hmotnost vyznačené části č. 2	[kg]
$m_3$	Hmotnost vyznačené části č. 3	[kg]
$m_4$	Hmotnost vyznačené části č. 4	[kg]
$m_5$	Hmotnost vyznačené části č. 5 (lůžko se všemi osmi dílci)	[kg]
$L_1$	Délkový rozměr části č. 1	[mm]
$L_2$	Délkový rozměr části č. 2	[mm]
$L_3$	Délkový rozměr části č. 3	[mm]
$L_4$	Délkový rozměr části č. 4	[mm]
$I_{(0)}$	Moment setrvačnosti ramena včetně všech osmi kusů v lůžkách	$[kg \cdot mm^2]$
$t_{1,6}$	Doba přejezdu letmého pohonu nad prostor vstřikolisu	[s]
$t_{3,4}$	Doba přejezdu horizontálního pohonu nad vstřikolis	[s]
$t_{2,5}$	Doby přejezdu letmého pohonu do formy vstřikolisu	[s]
$t_{TC1}$	Doba přejezdu z místa uchopení dílců v lůžkách do místa předávání do formy a zpět	[s]
$t_{TC2}$	Doba přejezdu z místa nad vstřikolisem do místa předávání do formy a zpět	[s]
$M_o$	Ohybový moment	$[N \cdot m]$
$F_z$	Zatěžující síla	[N]
$x_{max1}$	Maximální posunutí v pevnostní analýze konzoly	[mm]
$F_1, F_2, F_3$	Zatěžující síly	[N]
$x_{max2}$	Maximální posunutí v pevnostní analýze stolu	[mm]

## 10.2 Seznam obrázků

Obr. 1)	Tělo toaletního kartáče (na levé straně vložka pro štětiny, na pravé závit)	19
Obr. 2)	Výkres ocelové vložky nahrazující polypropylenový závitový konec	19
Obr. 3)	Pro názornost zjednodušená konstrukce formy pro 8 vložek	20
Obr. 4)	Pohled na vstřikovací lis Engel Victory s umístěnou formou [25]	20
Obr. 5)	Zjednodušené blokové schéma robotického vidění [1]	21
Obr. 6)	Ukázka aplikace robotického vidění pro přesné odebrání dílce z kontejneru a následné přesné umístění dílce pro další operaci [5]	22
Obr. 7)	Ukázka použití dvou paralelně umístěných kruhových zásobníků spojených do společného skluzu [8]	23
Obr. 8)	Vibrační předzásobník od firmy Vondra a Vondra, s.r.o. [7]	23
Obr. 9)	Kolaborativní HRC chapadlo společnosti SCHUNK jako koncový efektor pro přenos dílců do obráběcího stroje (Průmysl 4.0) [11]	24
Obr. 10)	Adaptivní chapadla řady DHEF společnosti Festo pro citlivá a geometricky složitá tělesa [13]	25
Obr. 11)	Chapadla Schunk MPC pro rotační tělesa menších rozměrů [14]	25
Obr. 12)	3D prostorový portál vytvořený v konfiguratoru společnosti Festo [17]	26
Obr. 13)	Aktuální fotografie vyobrazující jediný možný zástavbový prostor pro navrhovanou konstrukci [3]	27
Obr. 14)	Návrh zakládání vložek do formy vstřikolisu robotem Kuka KR16-2 [3]	28
Obr. 15)	Návrh zakládání vložek do formy vstřikolisu pomocí robotu Stäubli RX160 umístěného nad vstřikoliséem [18]	28
Obr. 16)	Návrh zakládání vložek do formy vstřikolisu pomocí manipulátoru, na obrázku konkrétně tříosý manipulátor společnosti ARBURG spol. s.r.o. [23]	29
Obr. 17)	Konstrukční návrh a popis jednotlivých periférií	31
Obr. 18)	Správně orientované dílce	32
Obr. 19)	Ultrazvukový snímač Sick UC4	32
Obr. 20)	Konstrukční návrh stanice, kde probíhá orientování dílců a popis všech použitých součástí	33
Obr. 21)	Konstrukční návrh stanice, kde probíhá kontrola orientace a založení dílců do lůžka	34
Obr. 22)	Konstrukční návrh stanice, kde probíhá kontrola orientace a pozastavení dílů	35
Obr. 23)	V dráze vlevo správně orientovaný dílec, v pravé dráze chybně	36
Obr. 24)	Vysunutí NOK dílců z dráhy a jejich pád do skluzu	36
Obr. 25)	Vyobrazení skluzu NOK dílců do boxu pro NOK kusy	36

Obr. 26)	Konstrukční návrh manipulátoru s chapadly, která odeberou dílce z kontrolní (pozastavovací) stanice a založí je do lůžek	37
Obr. 27)	Použití dvou dvouprstých paralelních uchopovačů Schunk MPG s čelistmi vlastní konstrukce	38
Obr. 28)	Postupné založení všech osmi dílců do lůžek v liště	38
Obr. 29)	Konstrukční návrh stanice pro otáčení lůžek	38
Obr. 30)	Konstrukční návrh manipulátoru s chapadlem	39
Obr. 31)	Konstrukční návrh chapadla, kde jsou dílce zobrazeny jak v první poloze úchopu, tak i ve finálním úchopu těsně před jejich předáním jich do formy	40
Obr. 32)	Uchopení dílců v lůžku	41
Obr. 33)	Sklopení chapadla o 90°	41
Obr. 34)	Finální uchopení dílců	41
Obr. 35)	Předání dílců do formy	41
Obr. 36)	Bezpečnostní kryt a jeho umístění na stroji	42
Obr. 37)	Konstrukční návrh bezpečnostního krytu	42
Obr. 38)	Pro výpočet schematicky zjednodušen mechanismus sklápění chapadla	43
Obr. 39)	Pro výpočet schematicky zjednodušen mechanismus otáčení lůžek	44
Obr. 40)	Výpočet doby přejezdu letmého pohonu nad prostor vstřikolisu [24]	46
Obr. 41)	Výpočet doby přejezdu horizontálního pohonu nad vstřikolis [24]	47
Obr. 42)	Výpočet doby přejezdu letmého pohonu do formy vstřikolisu [24]	47
Obr. 43)	Pevnostní analýza konzoly (posunutí)	48
Obr. 44)	Pevnostní analýza konstrukce stolu (posunutí)	48

### 10.3 Seznam tabulek

Tab 1)	Zhodnocení kritérií.	30
Tab 2)	Vstupní rozměrové parametry.	43
Tab 3)	Výběr parametrů vytypovaného pneumatického válce [21].	44
Tab 4)	Vstupní rozměrové parametry.	45
Tab 5)	Výběr parametrů vytypovaného kyvného pohonu [22].	46





## 11 SEZNAM PŘÍLOH

Výkres sestavení č. 2019-BP-00-000 – Zakladač vložek (PDF dokument)

Výkres svarku č. 2019-BP-02-112 – Stůl manipulátoru (PDF dokument)

Výkres součásti č. 2019-BP-02-402 – Lůžko otoče (PDF dokument)

Výkres součásti č. 2019-BP-03-108 – Základní deska (PDF dokument)

Model sestavy (DWFX) 2019-BP-00-000 – Zakladač vložek (bez detailu vstřikovací formy)

CD, které obsahuje:

- Elektronickou verzi bakalářské práce (PDF dokument)
- 3D model sestavy (STEP) – Zakladač vložek (bez detailu vstřikovací formy)
- Výkres sestavení č. 2019-BP-00-000 – Zakladač vložek (PDF dokument)
- Výkres svarku č. 2019-BP-02-112 – Stůl manipulátoru (PDF dokument)
- Výkres součásti č. 2019-BP-02-402 – Lůžko otoče (PDF dokument)
- Výkres součásti č. 2019-BP-03-108 – Základní deska (PDF dokument)